



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ingeniería

Carrera de Ingeniería Civil

**Error, incertidumbre, precisión y exactitud, en levantamiento
Aerofotogramétrico. Caso de estudio catastro de la parroquia San Carlos
del cantón Naranjal**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

Autores:

Leonardo Andres Ortega Ochoa

C.I: 1722047352

Miguel Alfredo Torres Borja

C.I: 0104306816

Director:

Ing. Gerardo Vicente Arbito Contreras, MSc.

C.I: 0101600278

Cuenca – Ecuador

17-octubre-2019



RESUMEN

En la actualidad se dispone de múltiples herramientas y equipos topográficos que obtienen datos de campo con precisiones centimétricas y milimétricas, esta diversidad de equipos varía tanto en usos y costos. Por lo que es importante cuestionar los rangos de precisión que otorgan su aplicabilidad según las condiciones topográficas, ambientales, de accesibilidad, implantación del proyecto y sociales del lugar donde se los utilice con su costo y tiempo que implica la utilización de cada uno de ellos.

El caso de estudio que se presenta consiste en el levantamiento y actualización del Catastro Urbano de la cabecera parroquial de San Carlos perteneciente al cantón Naranjal de la provincia del Guayas, para este trabajo ha sido indispensable contar con una Aerofotografía de calidad, de igual forma se ha realizado un levantamiento directo usando Estación total y tecnología satelital (GPS-GNSS).

Se debe tener en cuenta que para el caso de estudio intervienen aspectos sociales, ambientales y de topografía. Dada esta razón se ha establecido un área de 9.41ha para el levantamiento Aerofotogramétrico, describiendo el procedimiento en campo y rápidamente el procesamiento para la obtención de la Ortofotografía a tres diferentes resoluciones.

Se tiene por objetivo el obtener la precisión, eficiencia, tiempo y rentabilidad de los levantamientos con GPS en modo RTK y Aerofotogramétrico a tres alturas diferentes frente al levantamiento con estación total asumido como el valor más probable de las coordenadas obtenidas para los vértices de las manzanas del área de estudio.

Finalmente, en el análisis de los datos obtenidos en campo, se ha verificado los resultados y se determinó qué tipo de levantamiento es más preciso para el caso de estudio, así como la eficiencia y los tiempos empleados.

Palabras claves: Aerofotografía. Fotogrametría. Topografía. Ortofoto. GPS. RTK. Pixel. Puntos de control. Estación total.

ABSTRACT

Currently there are multiple tools and topographic equipment that obtain field data with centimeter and millimeter accuracy, this diversity of equipment varies both in uses and costs. Therefore, it is important to question the precision ranges that grant their applicability according to the topographic, environmental, accessibility, project and social conditions of the place where they are used with their cost and time that implies the use of each of them.

The case study presented consists in the survey and update of the Urban Cadastre of the San Carlos Parish Header belonging to the Naranjal Canton of the Guayas province, for this work it has been essential to have a quality Aerial Photography, in the same way has performed a direct survey using Total Station and satellite technology (GPS-GNSS).

It should be taken into account that in the case of the study, social, environmental and topography aspects are involved. Given this reason, an area of 9.41ha has been established for the Aerophotogrammetric survey, describing the procedure in the field and quickly processing for obtaining the Orthophoto at three different resolutions.

The objective is to obtain the precision, efficiency, time and profitability of the surveys with GPS in RTK and Aerophotogrammetric mode at three different heights compared to the survey with total station assumed as the most probable value of the coordinates obtained for the vertices of the apples of the study area.

Finally, in the analysis of the data obtained in the field, the results have been verified and it was determined what type of survey is more precise for the case study, as well as the efficiency and the times used.

Keywords: Aerophotography. Photogrammetry. Topography. Orthophoto. GPS. RTK. Pixel. Control points. Total station.



ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
ÍNDICE GENERAL.....	3
ÍNDICE DE FIGURAS	7
DEDICATORIA	14
Capítulo I: INTRODUCCIÓN.....	16
1.1 Antecedentes	16
1.2 Definición del problema.....	17
1.3 Justificación.....	18
1.4 Alcance	18
1.5 Objetivos	19
1.5.1 Objetivo General	19
1.5.2 Objetivos específicos	19
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	20
2.1 Aerofotografía	20
2.1.1 Fundamentos	20
2.1.1.1 Características	21
2.1.1.2 Tipo de fotografías Aéreas.....	23
2.1.1.3 Elementos de una Fotografía aérea.....	25
2.1.2 Parámetros de vuelo.....	27
2.1.3 Procesamiento de datos	33
2.1.4 Digitalización.....	34
2.1.4.1 Digitalización 2D	35
2.2 Estación total.....	35
2.2.1 Funcionamiento de la Estación Total.....	36
2.2.2 Características	36



2.2.2.1	Características de Funcionamiento.....	37
2.2.2.2	Características por funcionalidad	39
2.2.3	Poligonación	40
2.2.3.1	Metodología de levantamiento	41
2.2.3.2	Ajustes y cálculo de la poligonal	41
2.2.3.3	Levantamiento por Radiación.....	46
2.3	Tecnología Satelital.....	47
2.3.1	Sistema de Posicionamiento Global GPS (constelación NAVSTAR) 48	
2.3.2	Sistema de Navegación por Satélite GNSS (Constelación Glonass y Navstar)	48
2.3.3	Métodos de posicionamiento y aplicaciones	48
2.3.3.1	Criterios de clasificación	48
2.3.3.2	Aplicaciones de acuerdo al método de posicionamiento.....	50
2.3.4	Levantamiento topográfico con método de posicionamiento RTK (Real Time Kinematic)	52
2.3.4.1	Sistema de referencia	52
2.3.4.2	Equipo de levantamiento.....	53
2.3.4.3	Teoría de uso	53
2.3.4.4	Levantamiento en campo.....	55
2.3.5	Características de receptores GPS y receptores GNSS.....	55
2.3.5.1	Tipo y constelación que se recibe	55
2.3.5.2	Precisión de medida.....	56
2.3.5.3	Comunicación de entrada y salida	57
2.3.5.4	Disponibilidad o no de telefonía integrada	57
2.3.5.5	Disponibilidad de radio.....	57
2.4	Teoría de errores	58



2.4.1	Clasificación de los errores	58
2.4.2	Tipos de errores	59
2.4.3	Exactitud y precisión	59
2.4.4	Teoría de probabilidades	60
2.4.5	Propagación de Errores	62
2.5	Errores máximos permitidos dentro de levantamiento Catastrales	63
CAPITULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO Y LEVANTAMIENTO EN CAMPO		64
3.1	Preliminar	64
3.1.1	Características y condiciones del sitio.	64
3.1.2	Inspección y definición del Área de levantamiento	65
3.2	Red Geodésica existente	66
3.2.1	Sistema Geodésico Nacional de Referencia.....	66
3.2.2	Parámetros del Sistema Geodésico Nacional de Referencia	66
3.2.3	Datum Horizontal	67
3.2.4	Características de la Red Geodésica Local Urbana de Naranjal.	67
3.2.5	Conformación de la Red Geodésica	67
3.3	Levantamiento Aerofotogramétrico.	68
3.3.1	Planificación y simulación de vuelos.....	68
3.3.2	Toma de imágenes en campo.....	69
3.3.3	Toma de Puntos foto-identificables con GPS en el campo	69
3.3.4	Post-proceso de las imágenes.....	70
3.3.4.1	Traslape de Imágenes	70
3.3.4.2	Puntos de Control	71
3.3.4.3	Nube de Puntos	73
3.3.4.4	Modelo digital de Superficie (MDS).....	73
3.3.4.5	Modelo digital del terreno (MDT) y Curvas de Nivel.....	74



3.3.4.6	Curvas de Nivel	74
3.3.4.7	Ortofoto	74
3.3.4.8	Georreferenciación y Sistema de Coordenadas.....	75
3.3.5	Digitalización de manzanas y generación de vértices sobre la Ortofoto (Generación de planos manzaneros).....	76
3.4	Levantamiento con métodos tradicionales	78
3.4.1	Equipo y personal necesario para el levantamiento.....	78
3.4.2	Planificación y levantamiento con Estación total	79
3.4.2.1	Poligonal cerrada	79
3.4.2.2	Radiación	81
3.4.3	Planificación y levantamiento GPS en modo RTK	81
3.4.3.1	Posicionamiento GPS	81
3.4.3.2	Levantamiento RTK	82
CAPITULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS.....		84
4.1	Garantía de levantamiento con Estación Total.....	84
4.2	Comparación de datos recolectados	87
4.3	Análisis de precisiones obtenidas en el levantamiento	111
4.4	Tiempos de ejecución en el levantamiento	116
4.5	Comparación de costos entre los levantamientos.....	118
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.		124
5.1	Conclusiones.....	124
5.2	Recomendaciones.....	126
REFERENCIAS.....		128
ANEXOS		130



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cantón Naranjal, Ubicación de la parroquia San Carlos. Elaboración Propia.....	16
Figura 2: Fotografía aérea centro de la Parroquia San Carlos y extensión Urbana. Informe Ortofoto Naranjal 2018.	20
Figura 3: Tipos de fotografía aéreas según el Angulo de toma. Esquema realizado por Alberto Díaz (2013).....	24
Figura 4: Cobertura Fotográfica. Esquema realizado por, Walton Edwards (2016).....	24
Figura 5: Elementos de una Fotografía Área. Elaboración propia.....	25
Figura 6: Elementos de una Fotografía Área. Elaboración propia.....	26
Figura 7: Demostración de Escala de la fotografía. elaboración propia.	28
Figura 8: Metadatos de una Fotografía. elaboración propia.	32
Figura 9: Ortofoto definitiva. Extensión del área urbana de la Parroquia San Carlos. Informe Ortofoto Naranjal 2018.....	34
Figura 10: Tabla de escalas de restitución. Instituto Geográfico Militar 2013. .	35
Figura 11: Estación Total. Rescatado de us.sokkia.com.....	36
Figura 12: Medición de ángulos. Ing. Guillermo Bustos.	37
Figura 13: Medición de distancias. Ing. Guillermo Bustos.	38
Figura 14: Poligonal Abierta y cerrada. Elaboración propia.	41
Figura 15: Poligonal cerrada. Ejemplo ilustrativo (Wolf & Chilani, 2009, pág. 241)	42
Figura 16: Calculo de Acimuts. (Wolf & Chilani, 2009, pág. 241).....	43
Figura 17: método de Radiación. Elaboración propia.....	47
Figura 18: Métodos de posicionamiento GPS-GNSS. Elaboración propia.	50
Figura 19: Hi-target V60. Rescatado de es.hi-target.com	53
Figura 20: Tecnología Satelital intercomunicación. Rescatado de geomaticaysig. blogs.....	54
Figura 21: Constelación Satelital. Rescatado de geomaticaysig. blogs.	56
Figura 22: Ilustración de Exactitud y Precisión. Wolf & Chilani 2009.	60
Figura 23: Extensión del Área urbana de la Parroquia San Carlos. Elaboración propia.	64
Figura 24: Área de levantamiento de 9.41ha. Elaboración propia.....	65



Figura 25: Manzanas a intervenir. Elaboración propia.	65
Figura 26: Red Geodésica de la ciudad Naranjal. Informe Red Geodésica Naranjal, 2018.	67
Figura 27: Puntos Geodésicos en Parroquias. Informe Red Geodésica Naranjal, 2018.	68
Figura 28: Esquema de planificación de vuelo. Informe Ortofoto Naranjal, 2018.	68
Figura 29: Mosaico de fotos de la parroquia San Carlos. Elaboración propia. .	69
Figura 30: Puntos foto identificables. Elaboración propia.	70
Figura 31: Traslape de líneas de vuelo San Carlos. Informe Ortofoto Naranjal, 2018.	70
Figura 32: Puntos de Control con esquema de color para error total. Informe Ortofoto Naranjal, 2018.	71
Figura 33: Detalle Ortofoto a 185m. Elaboración Propia	72
Figura 34: Detalle Ortofoto a 120m. Elaboración Propia	72
Figura 35: Detalle Ortofoto a 60m. Elaboración Propia	72
Figura 36: Visualización 3D de la nube de puntos. Informe Ortofoto Naranjal, 2018.	73
Figura 37: Modelo Digital de Superficie. Informe Ortofoto Naranjal, 2018.	73
Figura 38: Modelo Digital del Terreno. Informe Ortofoto Naranjal, 2018.	74
Figura 39: Modelo de Curvas de Nivel. Informe Ortofoto Naranjal, 2018.	74
Figura 40: Ortofoto de la Parroquia San Carlos. Informe Ortofoto Naranjal, 2018.	75
Figura 41: Acercamiento de la Ortofoto. Elaboración Propia.	75
Figura 42: Linderos foto identificables. Elaboración propia.	76
Figura 43: Manzana digitalizada. Elaboración propia.	76
Figura 44: Lindero no fotoidentificable. Elaboración propia.	77
Figura 45: Digitalización de lindero no fotoidentificable. Elaboración propia.	77
Figura 46: Vértices generados posterior a la digitalización. Elaboración propia.	77
Figura 47: Visualización de coordenadas obtenidas. Elaboración propia.	78
Figura 48: Poligonal Cerrada Principal. Elaboración propia.	79
Figura 49: Fundición de hitos para la poligonal cerrada. Elaboración propia. ..	79



Figura 50: Placa PTO-01 de la Red Geodésica y vértice 1 de la poligonal. Elaboración propia.	80
Figura 51: Medición a primas correctamente fijados. Elaboración propia.	80
Figura 52: Método de radiación desde los vértices de la poligonal. Elaboración propia.	81
Figura 53: Posicionamiento de la base en la Placa 1 de la Red Geodésica. Elaboración propia.	82
Figura 54: Ejemplo de vértices obtenidos con RTK. Elaboración propia.	83
Figura 55: Poligonal cerrada levantada. Elaboración propia.	86

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional

Leonardo Andres Ortega Ochoa en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación **"Error, incertidumbre, precisión y exactitud, en levantamiento Aerofotogramétrico. Caso de estudio Catastro de la Parroquia San Carlos del Cantón Naranjal"**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 17 de octubre del 2019



Leonardo Andres Ortega Ochoa

C.I: 1722047352

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional

Miguel Alfredo Torres Borja en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación **"Error, Incertidumbre, precisión y exactitud, en levantamiento Aerofotogramétrico. Caso de estudio Catastro de la Parroquia San Carlos del Cantón Naranja"**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 17 de octubre de 2019



Miguel Alfredo Torres Borja

C.I: 0104306816

Cláusula de Propiedad Intelectual

Leonardo Andres Ortega Ochoa, autor del trabajo de titulación **"Error, incertidumbre, precisión y exactitud, en levantamiento Aerofotogramétrico. Caso de estudio Catastro de la Parroquia San Carlos del Cantón Naranjal"**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 17 de octubre del 2019



Leonardo Andres Ortega Ochoa

C.I: 1722047352

Cláusula de Propiedad Intelectual

Miguel Alfredo Torres Borja, autor/a del trabajo de titulación **"Error, incertidumbre, precisión y exactitud, en levantamiento Aerofotogramétrico. Caso de estudio Catastro de la Parroquia San Carlos del Cantón Naranja"**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 17 de octubre de 2019



Miguel Alfredo Torres Borja

C.I: 0104306816

DEDICATORIA

Quiero dedicar este esfuerzo a las personas que son todo para mí, a mi madre Sonia por su amor tan grande, por ser mi todo y por toda la confianza y ese apoyo incondicional que me ha dado a lo largo de mi vida, a mi tía que es como madre Martha por el amor, apoyo y paciencia que me brinda y me brindara toda su vida, a mi mami Elva por ese cariño, esa preocupación y por apoyarme a ser un profesional y un buen ser humano, a mi querida ñaña Valeria por todo su inmenso cariño y admiración que pocas personas tendremos la dicha de llegar a sentir, a mi esposa Michelle por su gran amor y paciencia que me ha tenido en este arduo proceso.

Las AMO

Leonardo Ortega

“A mis queridos padres por su amor, cariño, comprensión y apoyo incondicional que me dieron para poder cristalizar uno de mis más grandes ideales”

Miguel Torres



AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a mi familia, por el apoyo en cada etapa de mis estudios y mi vida personal, por la confianza que han tenido en mí.

Un especial agradecimiento a nuestro director Ing. Gerardo Arbito, que nos ha brindado todo el apoyo y tiempo para la realización de este Trabajo de Titulación, así como a nuestros revisores Ing. Daniel Mogrovejo e Ing. Juan Avilés.

Agradezco a mi querida Universidad de Cuenca y a mi amada Facultad de Ingeniería por brindarme la mejor etapa de mi vida personal, académica y por hacer de mi un profesional más del cual puede sentir orgullo.

Agradezco al Ing. Manuel Martínez por su amistad, colaboración y permitirme trabajar a su lado en el proyecto del cual nace este Trabajo de Titulación y agradezco a todas las personas que a lo largo de mis estudios han formado parte de esta etapa, amigos, profesores y personas muy especiales que han aportado en algo a que este logro se cumpla.

Leonardo Ortega

A Dios, a mis padres, y a mis hermanos, porque me apoyaron y me inculcaron buenos principios en el camino de la vida, impulsaron para dar culminación de mi carrera.

Mi reconocimiento y gratitud:

A la Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniera Civil, en la persona de sus distinguidas autoridades y maestros, por haberme abierto sus aulas y haber posibilitado mi profesionalismo como Ingeniero Civil.

A mi director de trabajo de titulación Ing. Gerardo Arbito por su acertada dirección y asesoría brindado, que posibilito la culminación exitosa de este trabajo de titulación.

Miguel Torres

Capítulo I: INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La parroquia San Carlos pertenece al cantón Naranjal de la provincia del Guayas, siendo una de sus cuatro cabeceras parroquiales, en la que se destaca una extensa área agro productiva y un pequeño centro poblado.

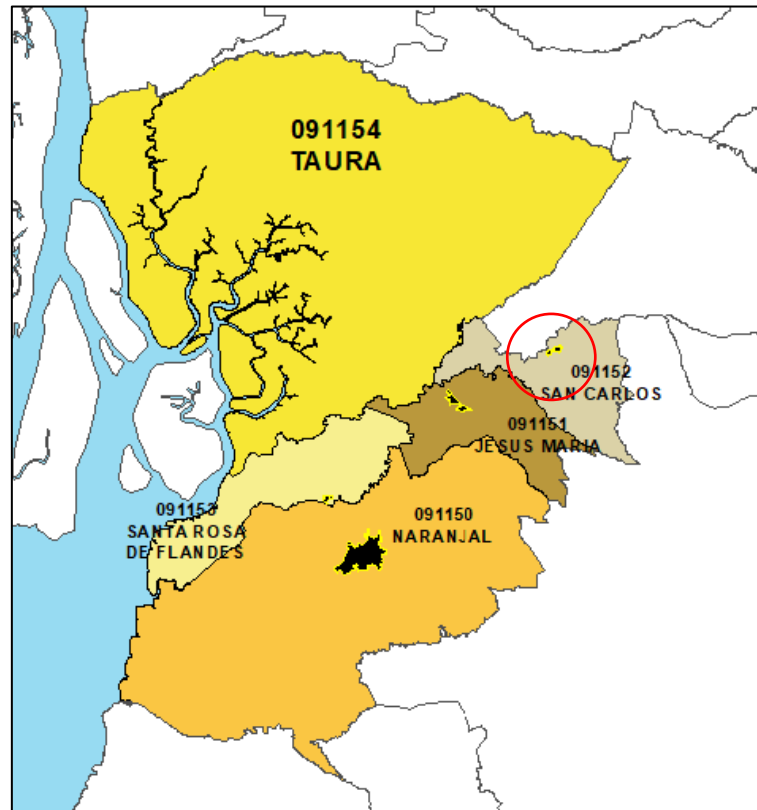


Figura 1: Cantón Naranjal, Ubicación de la parroquia San Carlos. Elaboración Propia.

El municipio del Cantón en busca de un desarrollo sostenible y ordenado ejecuta a mediados del año 2018 el proyecto de “Levantamiento y Actualización del catastro urbano de la cabecera Cantonal de Naranjal y de las Cabeceras Parroquiales de Jesús María, San Carlos, Santa Rosa de Flandes y Taura del Cantón Naranjal, provincia del Guayas”. Con la finalidad de inventariar todos los bienes muebles, generar cartografía actualizada, valorar e incrementar la recaudación de impuestos prediales. Parte del proyecto de levantamiento y actualización del catastro urbano concierne en delimitar áreas de consolidación predial, es decir dar nuevos límites urbanos con respecto a las áreas donde se han densificado lotizaciones, edificación e infraestructura. Por esta razón las



áreas en las que se ejecutara el proyecto son los centros poblados de las cabeceras parroquiales y toda la cabecera cantonal. Para la actualización del catastro es indispensable contar con una aerofotografía de alto detalle y precisión en georreferenciación. A partir de esta imagen se pueden digitalizar las vías, parques, edificaciones e incluso predios si los linderos son visibles, caso contrario sirve para sobreponer el levantamiento con GPS o estación total sobre la aerofotografía para verificar la georreferenciación del levantamiento.

Para la correcta ejecución de proyectos de Catastro Urbano, es importante la recolección de información alfanumérica para la actualización de datos catastrales y tener las adecuadas herramientas para el levantamiento físico y generación de cartografía. Dentro de dichas herramientas están el contar con una Red Geodésica que permita ejecutar adecuadamente el levantamiento físico y demás obras de ingeniería, una aerofotografía que permita visualizar toda el área de estudio para ejecutar las múltiples acciones que involucra la generación de cartografía, equipos topográficos (Estación Total y Tecnología Satelital), que permitan garantizar un adecuado levantamiento físico.

En la actualidad el país ha gestionado gran cantidad de recursos para la producción de aerofotografías y su procesamiento a Ortofotografía, destinadas a promover las campañas de levantamiento predial rural que se ha venido ejecutando a través del programa SIGTIERRAS, del MAGAP, realizando la importancia de esta herramienta puesto que un alto porcentaje del país se encuentra Aerofotografiado.

La Universidad de Cuenca conjuntamente con su Programa para el Manejo del Agua y del Suelo "PROMAS" y varias entidades públicas, ha participado en la elaboración de aerofotografías que contribuyeron con el proyecto "Pacalori" en la implementación de un modelo integral para actualización catastral, para indemnización de tierras afectadas por la construcción de la presa Mangas Saibas en la Provincia de Los Ríos.(Novillo & Espinoza, 2016)

1.2 Definición del problema

En la actualidad se dispone de múltiples herramientas y equipos topográficos que obtienen datos de campo con precisiones centimétricas y milimétricas, esta



diversidad de equipos varia tanto en usos y costos. Por lo que es importante cuestionar los rangos de precisión que otorgan su aplicabilidad según las condiciones topográficas, ambientales, de accesibilidad, implantación del proyecto y sociales del lugar donde se los utilice con su costo y tiempo que implica la utilización de cada uno de ellos.

1.3 Justificación

Dentro de la Ingeniería Civil existe una extensa rama de subdisciplinas como la Ingeniería Estructural, Hidráulica, Sanitaria, Vial, Geotécnica, que intervienen en diferentes proyectos que se realizan en el país y el mundo entero, como es el caso de la Topografía, siendo en la mayor parte de los casos el punto de inicio de cualquier estudio, ejecución o supervisión de un proyecto, por esta razón y para este caso de estudio “Catastro de la Parroquia San Carlos del Cantón Naranjal”, el estudio de error, precisión y exactitud de un levantamiento Aerofotogramétrico con respecto a un levantamiento con equipos convencionales, puede resolver incertidumbres generadas por cada operario responsable de cada levantamiento, siendo justificable e importante aportar con conocimientos aprendidos en las aulas y en el campo laboral, combinando la teoría con la práctica, motivando a que trabajos como este sirvan de referencia en catastros, y levantamientos de esta índole permitiendo identificar adecuadas condiciones técnicas para garantizar la correcta aplicación de técnicas Aerofotogramétricas y topográficas con resultados satisfactorios para las entidades contratantes.

1.4 Alcance

El presente trabajo de titulación se limita a un área de estudio aproximada de 10 hectáreas, en la que se cuenta con una Aerofotografía elaborada y procesada a Ortofotografía en el año 2018 para el catastro del Cantón, por lo que se describirá el proceso para la obtención de la ortofoto de la Parroquia San Carlos por todo el personal técnico del Adjudicatario del proyecto en el cual nos encontramos incluidos, no enfatizando como elaboración propia de esta, pero si tomándola como un insumo básico e importante para el desarrollo del tema.



La georreferenciación del proyecto, así como de este Trabajo de Titulación parte de la Red Geodésica del Cantón Naranjal elaborada en el año 2018 y se describirá brevemente toda su conformación.

El análisis de error se enfoca únicamente en las coordenadas planimétricas UTM (E, N) de las manzanas obtenidas por los equipos topográficos y las que se puede obtener digitalizando la Ortofotografía dentro del área establecida para el trabajo, dejando de lado cada división de predio dentro de la manzana ya que de considerarse incrementaría la cantidad de datos recolectados en el área de estudio y no aportaría al análisis de los errores. La muestra de datos pertenecientes a los vértices de cada manzana son de gran importancia ya que a partir de estos vértices se puede generar la división de la manzana en predios con cualquier otro método topográfico, siendo suficientes para elaborar un adecuado análisis de error.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Realizar un Análisis Comparativo entre un levantamiento por Aerofotografía frente a un levantamiento con Estación Total y Tecnología Satelital.

1.5.2 Objetivos específicos

- Obtener al final del trabajo una comparación de precisiones para determinar qué tipo de levantamiento da resultados más precisos para el caso de estudio.
- Obtener la eficiencia de cada levantamiento de acuerdo a las condiciones topográficas y restricciones de accesibilidad que presenta el sitio del levantamiento.
- Obtener tiempos empleados en cada levantamiento con la finalidad de establecer la rentabilidad de cada levantamiento.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Aerofotografía

La Aero fotografía tiene como actividad la captura de imágenes de la superficie terrestre, las cuales son obtenidas por sensores a bordo de un vehículo aéreo desde una posición elevada como, por ejemplo: (Díaz, 2016).

- Avión tripulado
- Aviones ligeros teledirigidos
- Globos aerostáticos
- Helicópteros
- Dirigibles
- Aviones Aéreos no tripulados (Van o Drones)



Figura 2: Fotografía aérea centro de la Parroquia San Carlos y extensión Urbana. Informe Ortofoto Naranjal 2018.

2.1.1 Fundamentos

Las fotografías aéreas son consideradas como una fuente de información muy importante para el estudio de la geografía física y humana de los territorios, y por supuesto de la biogeografía.

Esta información nos permite realizar un análisis de imágenes aéreas las cuales nos facilitan obtener inventarios de especies, cartografías de vegetación, análisis del estado de la cubierta vegetal, estudio de incendios, además de estudio de



las costas y estudios oceanográficos, actualización y producción de mapas, estudios de geología, estudio de asentamientos y ubicación de minerales, contaminación, ordenación y planificación del territorio, análisis paisajísticos, estudios sobre cambios en la superficie terrestre (Díaz, 2016).

Históricamente la fotografía aérea está relacionada con la evolución de la propia fotografía, pero netamente el nacimiento se dio en el año de 1856 con el francés Gaspard Félix Tournachon por medio de globos aerostáticos (Tostado, 2016) quien obtendría la primera fotografía cerca de París, concretamente de la ciudad de Petit-Bicetre, a 80 metros de altura, con la ayuda de un globo aerostático, conocido como “El Gigante” y conjuntamente con la cámara IX, que tenía un lente con control de apertura y que se podía acercar, alejar y tener diferentes distancias de enfoque. Tenía formatos de 4x5 y 8x10 pulgadas.

Poco más tarde se dieron a conocer nuevos métodos de obtener fotografías aéreas para los distintos propósitos de uso.

Con el desarrollo de la aviación, la fotografía aérea se desarrolló rápidamente y pronto se pudo apreciar la utilidad de la fotointerpretación en la planificación urbana, el análisis de la vegetación, elaboración de mapas cartográficos, mapas satelitales, por ende el uso militar y dando gran importancia a los sistemas de información geográfica SIG, (Díaz, 2016).

2.1.1.1 Características

Siendo las Fotografías Aéreas de gran utilidad en sus diversos campos de aplicación, las principales características son:

- Realizadas con cámaras especiales, **Cámaras Fotogramétricas**, teniendo un costo muy elevado, una alta resolución, y automatización en la corrección de distorsiones geométricas, tanto en las radiales como las tangenciales, (Bernal, 2012). Los principales parámetros que presentan las cámaras fotogramétricas digitales son:
 - Sensores de 1 pulgada de entre (12 - 20) Megapíxeles
 - Grabación de video en 4k (alta resolución o ultra alta resolución)
 - Obturador Mecánico, que permite una mejor calidad de imagen



- -Los vuelos para la obtención de la fotografía se tienen que planificar de manera correcta, teniendo las siguientes consideraciones:
 - Condiciones meteorológicas (buena luminosidad, transparencia atmosférica, poca nubosidad, etc.)
 - La altura de vuelo (este factor determina la escala de vuelo)
 - El número de pasadas
 - Numero de fotos por cada pasada
 - Intervalo de tiempo entre dos fotos
 - La cámara y la resolución
 - El Área de ejecución
 - La hora más conveniente de ejecución
- Cada fotografía aérea suele estar asociada con las fotos de alrededor, mostrando un solapamiento o traslape longitudinal de $60\pm 5\%$ y un solapamiento o traslape transversal de 30%
- Las fotografías aéreas tienen diferentes formatos (aunque el formato de 23x23cm es el más común), son cuadradas o rectangulares
- Una vez planificado el vuelo, se debe realizar una serie de pasadas en sentido este-oeste a una velocidad baja de manera paralela, para permitir un mejor visionado de la foto, de las sombras y el relieve, cubriendo toda el área
- Formato de captura

Básicamente las cámaras tienen 3 formatos en que pueden almacenar las fotos, siendo JPEG, RAW y TIFF (Zuccotti, 2008).

- **Formato JPEG:** Es el archivo procesado por la cámara y comprimido, es el tipo de fotografías que menos soporta la edición debido a la poca densidad en bits
- **Formato RAW:** Es un negativo digital, es la imagen sin procesar y sin comprimir que contiene los datos crudos, se puede realizar un mayor nivel de ajustes que en el formato comprimido. La

palabra RAW no necesariamente indica la extensión, sino que es el formato de la imagen.

- **Formato TIFF:** Es procesado por el firmware de la cámara por lo que tiene más bits, pero a diferencia del JPEG no está comprimido. El formato TIFF es el que ocupa mayor espacio de almacenamiento

2.1.1.2 Tipo de fotografías Aéreas

(Wolf & Chilani, 2009, pág. 797), nos dicen que las fotos aéreas logradas se clasifican como verticales (que son las tomadas estando el eje nadir de la cámara verticalmente hacia abajo, o lo más vertical posible), y oblicuas (tomadas estando el eje intencionalmente inclinado en cierto ángulo entre la horizontal y la vertical)

- **Según el grado de inclinación o el Angulo de toma**

- **Fotografías oblicuas:** estas se obtienen cuando el eje de la cámara tiene un Angulo con el eje Nadir mayor a 3 grados, estas se subdividen en: **fotografías oblicuas bajas** cuando la inclinación del eje óptico se sitúa entre 3° y 45°; las **fotografías oblicuas altas** cuando el eje óptico se sitúa entre 45° y menor a 90° y las **Fotografías Panorámicas**, que son consideradas dentro de las fotografías oblicuas y son cuando la inclinación del eje óptico se sitúan a 90° con respecto al eje Nadir (Diaz, 2016)
- **Fotografías verticales:** para este tipo de fotografía el eje óptico de la cámara apunta ortogonalmente a la superficie, el eje óptico tiene una inclinación inferior a los 3°. Estas son las imágenes más útiles teniendo en cuenta que el área que cubre la fotografía es relativamente pequeña. Normalmente cuando se habla de fotografías aéreas se refiere a las fotografías aéreas verticales, siendo estas las usadas en el campo de la Ingeniería (Topografía) (Diaz, 2016)

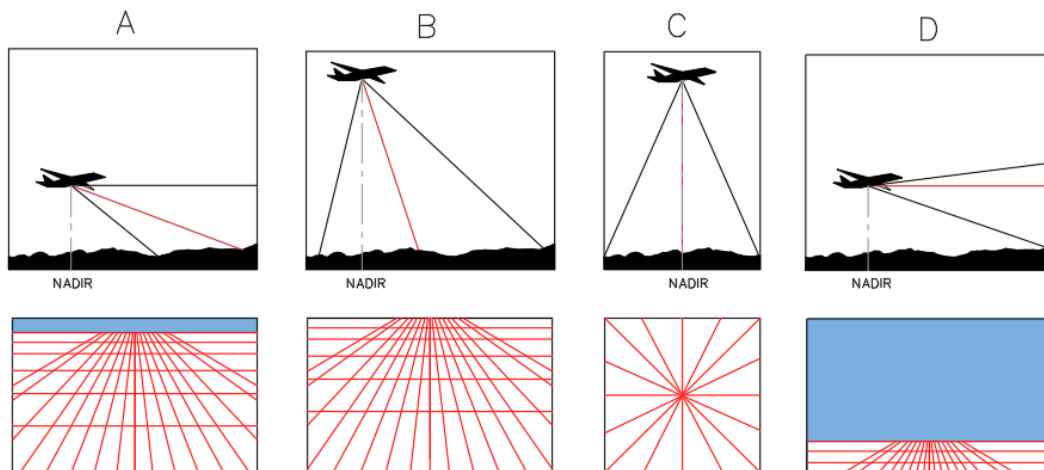


Figura 3: Tipos de fotografía aéreas según el Angulo de toma. Esquema realizado por Alberto Díaz (2013).

A: Fotografía oblicua alta

B: Fotografía Oblicua Baja

C: Fotografía vertical

D: Fotografía panorámica

- Las fotografías verticales para la cartografía topográfica se toman en sucesión según franjas o bandas que, por lo general, corren a lo largo del área por fotografía. Estas bandas o líneas de vuelo tienen comúnmente una superposición lateral (traslape transversal) de aproximadamente 30%. La superposición longitudinal (traslape longitudinal) suele ser de $60\pm 5\%$ (Wolf & Chilani, 2009, pág. 799)

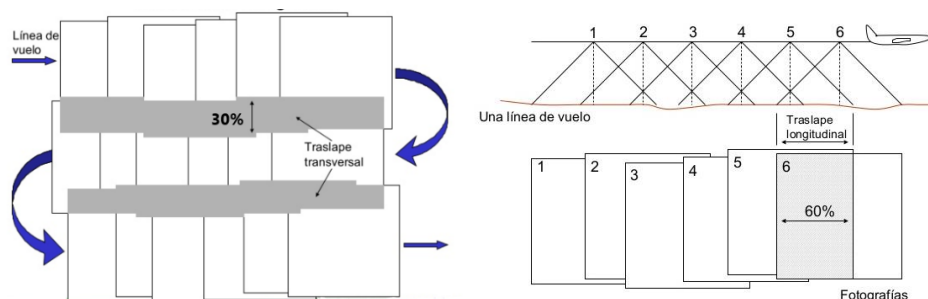


Figura 4: Cobertura Fotográfica. Esquema realizado por, Walton Edwards (2016).

- **Según el tipo de cámara se clasifican:**
 - Fotografías Analógicas: cabe mencionar que las primeras fotografías aéreas, fueron realizadas con cámaras análogas, que para la obtención de las imágenes fotográficas se tenía que emplear un soporte conocido como película fotográfica y partiendo del tipo de película, estas fotografías se subclasifican en: fotografías en blanco y negro, fotografías a color, fotografías de infrarrojo y fotografías térmicas (Díaz, 2016)
 - Fotografías digitales: son una variación de la fotografía química tradicional en la que se utilizan dispositivos dotados de una serie de fotodetectores electrónicos en lugar de película fotosensible. Las imágenes digitales son una representación numérica de una escena en dos dimensiones, llegando a tener resoluciones de hasta 20Mpixeles dependiendo la cámara que se disponga. El formato final del producto que obtenemos son los formatos Raw, Jpeg y Tiff.

2.1.1.3 Elementos de una Fotografía aérea

Para la obtención de una fotografía aérea hay que considerar que esta está compuesta por los siguientes elementos:

- **Altura de vuelo (z):** Es la longitud comprendida entre el centro de proyección o centro de perspectiva (O) a la superficie del terreno, ver

Figura. 5

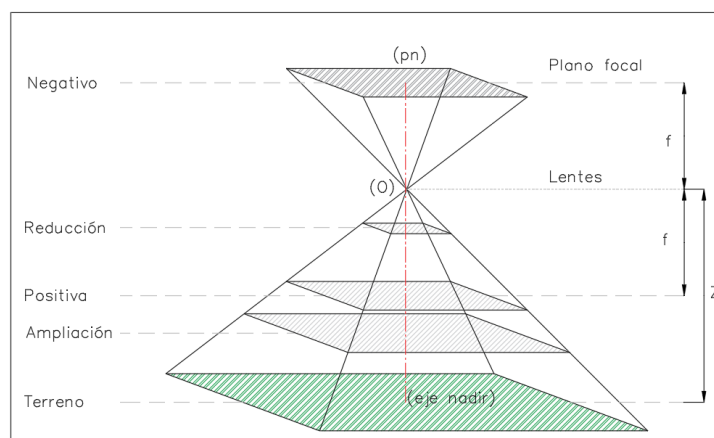


Figura 5: Elementos de una Fotografía Aérea. Elaboración propia.

- **Distancia principal (f):** Esta distancia se encuentra comprendida desde el plano negativo al centro de proyección, ver **Figura. 5**
- **Estación de exposición o centro de proyecciones (O):** Es la ubicación del centro de proyección (O) en el momento de la exposición fotográfica, ver **Figura. 5**
- **Distancia focal (f'):** Distancia comprendida desde el centro del lente al plano focal, ver **Figura. 5**
- **Punto nadir (Pn):** Es la intersección en el plano negativo del eje vertical que pasa por el centro de proyección, ver **figura 6**

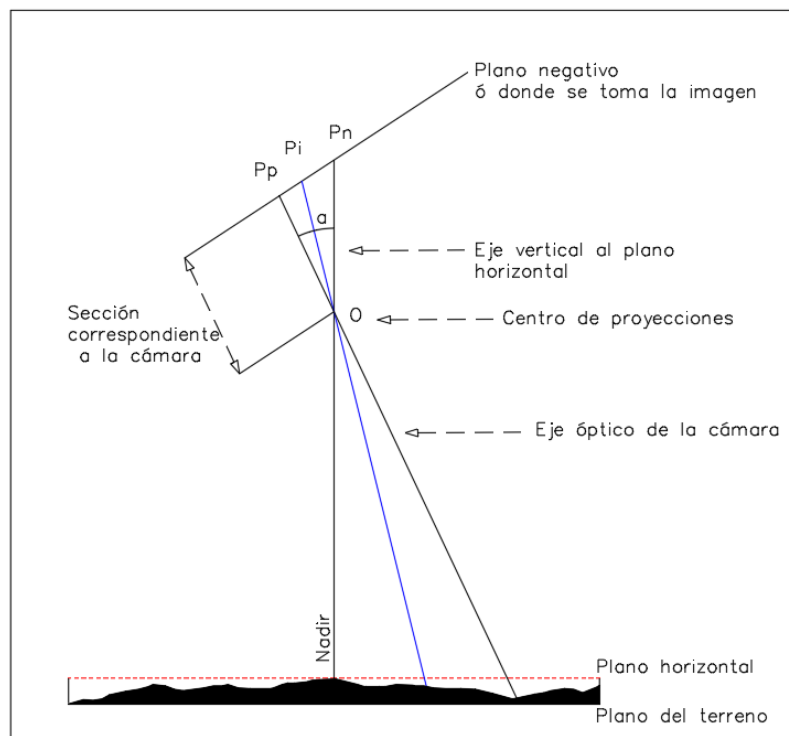


Figura 6: Elementos de una Fotografía Aérea. Elaboración propia

- **Punto Principal (Pp):** es el punto que se genera de la intersección de una línea perpendicular que viene desde el punto nodal con la fotografía, ver **Figura 6**
- **Punto Isocentro (Pi):** punto por el que pasa la bisectriz del ángulo formado por la perpendicular al plano del negativo, ver **Figura 6**
- **Eje óptico de cámara:** línea perpendicular al plano negativo, ver **Figura 6**

- **Eje Nadir:** línea perpendicular al plano horizontal y paralela a la dirección del eje de la gravedad, ver **Figura 6**
- **Inclinación(a):** Angulo formado por los ejes ópticos de la cámara y nadir, ver **figura 6**

2.1.2 Parámetros de vuelo

La ejecución de un vuelo fotogramétrico, tiene como objetivo principal, el volar en una determinada superficie geográfica, describiendo trayectorias o líneas de vuelo paralelas a una velocidad y altura constante.

(Wolf & Chilani, 2009, pág. 799) consideran que, dentro de una trayectoria o pasada, la cámara ira registrando exposiciones de la superficie, en la cual se debe asegurar un traslape longitudinal de $60\pm5\%$. Y dentro de dos pasadas consecutivas, que generalmente se las realiza en sentido inverso, se deberá asegurar el traslape transversal de 30%.

Antes de realizar el vuelo, se debe recopilar datos, o especificaciones técnicas, con los cuales se efectuará el proyecto siendo: zona, escala, distancia focal, película, cámara, formato de fotograma, traslape longitudinal, traslape lateral y el tipo de nave. También se debe considerar otros factores importantes como el uso de la fotografía (cuantitativo o cualitativo), la finalidad del producto (mapa, plano), especificaciones de exactitud, tamaño y forma de la superficie de la que se va a tomar la fotografía, el relieve que interviene en el área, latitud de toma de la fotografía (altitud solar) y la escala del modelo (Neira, 2005)

Dentro de los parámetros a considerar para realizar el vuelo para la obtención de las fotografías aéreas tenemos:

- **Escala de la fotografía**

La escala viene dada por la relación:

$$E = c/H$$

c: distancia principal o también (f), ver **figura 7**

H: altura de vuelo sobre el terreno (Hr), ver **figura 7**

En un perfil de terreno no llano, se pueden llegar a tener infinitos valores de escala. Por lo cual la escala se la hace a un valor medio con respecto a un plano de referencia, el cual debe estar equidistante con los planos tangentes de mayores elevaciones y depresiones, ver **Figura 7**

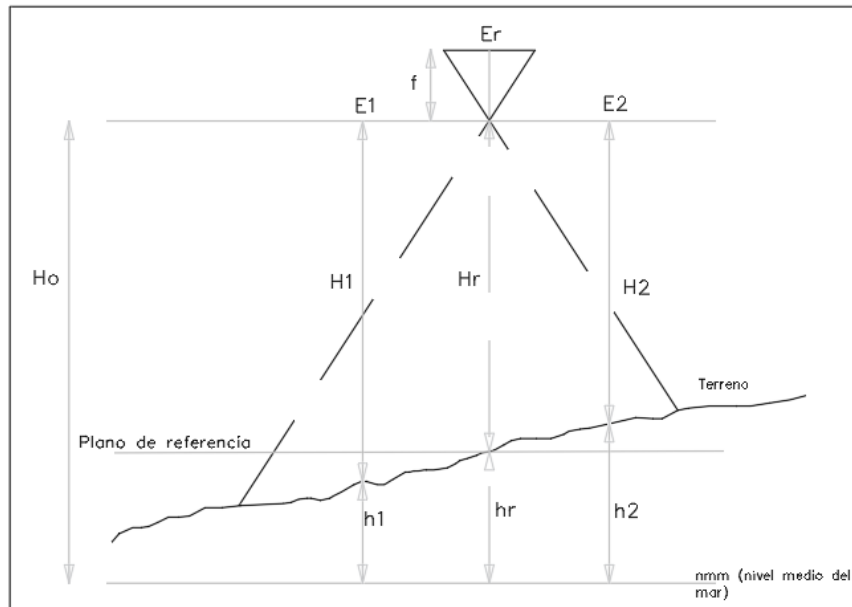


Figura 7: Demostración de Escala de la fotografía. elaboración propia.

H_0 = altura de vuelo sobre nivel medio del mar

H_1 = Altura de vuelo sobre las depresiones máximas del terreno

H_2 = Altura de vuelo sobre las elevaciones máximas del terreno

H_r = Altura de vuelo sobre el plano de referencia

h_1, h_2, h_r = altitudes de los puntos notables del terreno y del plano de referencia

La escala aproximada de una fotografía aérea se puede calcular de dos maneras:

- Por la proporción o razón de semejanza entre la distancia en el mapa y la distancia correspondiente sobre la tierra (Neira, 2005).
- Por el conocimiento de la altura de vuelo que registra el GPS de la cámara, y la distancia principal de esta (Neira, 2005)



Siendo el caso que la fotografía aérea es vertical, la escala es en forma de fracción representación, se usa la altura de vuelo ($H-h$) y la distancia focal (f) de la cámara

$$\text{Escala de la foto, } E = \frac{f}{H - h}$$

▪ **Abarcamiento total de cada foto en el terreno (S)**

Es el resultado del producto entre el denominador de escala con el formato de fotograma

$$S = (E * s) \text{ metros}$$

Donde:

E= denominador de Escala

s = formato (normalmente es de 23cm * 23cm)

S = Abarcamiento total de cada foto

▪ **Distancia entre líneas de vuelo (D)**

Es el resultado del producto entre el abarcamiento total por 0,7

$$D = (S * 0.7) \text{ metros}$$

Donde:

S = Abarcamiento total

0.7 = 70% diferencia del 30% del traslape transversal

▪ **Avance entre foto y foto (a)**

Es el resultado de multiplicar el abarcamiento total por 0.4

$$a = (S * 0.4) \text{ metros}$$

Donde:

S = Abarcamiento total

0.4 = 40% diferencia del 60% del traslape longitudinal

- **Cantidad de líneas de vuelo**

La cantidad de líneas de vuelo viene dada por el cociente entre el ancho de la zona y la distancia entre líneas

$$\frac{A}{D} = \text{número de líneas}$$

- **Cantidad de kilómetros lineales**

Es el largo de la zona de vuelo, no necesariamente debe ser constante. Es la suma de longitud de las líneas de vuelo.

$$L1 + L2 + L3 + \dots + Ln = Lt \text{ (en kilometros)}$$

L1,2,3, n = longitud de cada línea de vuelo

- **Cantidad de fotos**

Es el resultado de la división entre los kilómetros lineales y el avance

$$N^{\circ} \text{ de Fotos} = \frac{Lt}{a}$$

Lt = kilómetros lineales

a = Avance

- **Cálculo de tiempo de vuelo directo**

Es el tiempo que la cámara está operando y realizando fotografías en las líneas de vuelo más 5 minutos por cada línea de vuelo (entrada y salida), considerando que la velocidad del avión se tiene en metros por segundo (m/s), se deberá tener en cuenta las unidades para la operación.

$$\text{tiempo de vuelo directo} = \frac{\text{Km lineales}}{\text{velocidad de la nave}} ,$$

Horas, minutos o segundos

- **Cálculo de tiempo de vuelo indirecto**

Es el tiempo que emplea el avión desde la estación a la zona de vuelo, se considera una ida, un regreso y otra ida sin regreso.

$$\text{Tiempo de vuelo indirecto} = \frac{\text{distancia de estación a zona} * (3)}{\text{velocidad de la nave}}$$



Dónde: el factor 3 que se considera, es por las 3 distancias que se ejecutan dentro del vuelo indirecto, siendo una distancia de vuelo en ida, otra distancia de vuelo en regreso y una distancia de ida si retorno

- **Tiempo total del vuelo**

Es la suma del tiempo de vuelo directo y el tiempo de vuelo indirecto

- **Cálculo de la altitud promedio del terreno (H)**

Es la altura de vuelo a la cual se debe volar respecto a una superficie terrestre para una escala determina.

$$H(\text{metros}) = \text{Factor de escala} * \text{distancia focal}$$

- **Altura indicada**

Es la sumatoria de las altitudes máximas y mínimas que se presentan en el terreno a través de la trayectoria

$$h(\text{metros}) = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n}{n}$$

- **Error máximo de navegación**

El máximo permitido en la navegación de una línea de vuelo es de 10% del abarcamiento total a ambos lados del eje de la línea de vuelo, lo que le dará como resultado un mínimo de 10% a un máximo de 50% de recubrimiento lateral.

- **Orientación de cada línea de vuelo**

La orientación y referenciación de las líneas de vuelo son dadas por el GPS integrado dentro del vehículo aéreo.

- **Hora fotogramétrica**

(Neira, 2005) nos dice que la altitud escogida para fotogrametría va a determinar la altura del sol y las posibles horas fotogramétricas de vuelo. La altura óptima del sol para fotogrametría va a depender de la topografía del terreno. Por esta razón se ha tomado como inclinación mínima de 30° con respecto al horizonte como valor límite ordinario

▪ Hora local fotogramétrica

(Neira, 2005) Para obtener la hora local a volar, a la GMT (Greenwich Mean Time) obtenida anteriormente se le restan 04:00 hrs. en horario de invierno y 03:00 hrs en horario verano

Hora local invierno = GMT – 4 hrs.

Hora local verano = GMT – 3 hrs

Donde GMT es la sigla en inglés de Greenwich Mean Time, siendo la hora del Meridiano de Greenwich.

▪ Metadatos

Los metadatos fotográficos son una serie de **datos que contienen todas las fotografías**, tanto las tomadas con los smartphones como las de las cámaras fotográficas. Se trata de unos datos que muestran la información de la cámara con la que hemos tomado la fotografía, los parámetros del disparo efectuado, las características de esta foto e incluso la geoposición, ver **Figura 8**

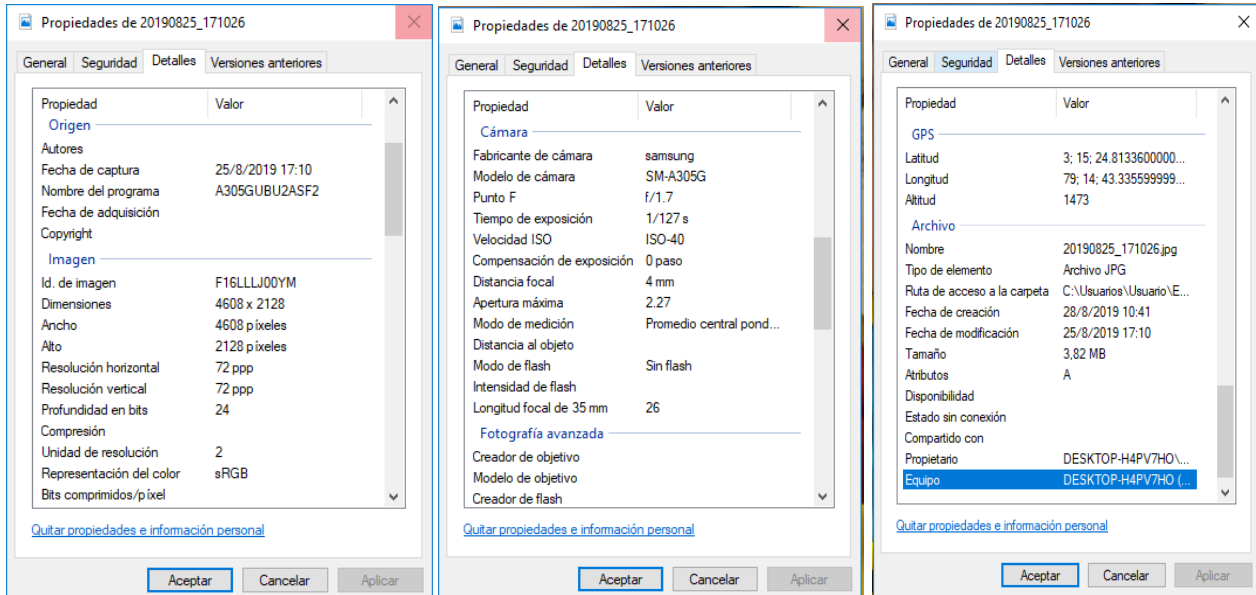


Figura 8: Metadatos de una Fotografía. elaboración propia.

2.1.3 Procesamiento de datos

Para la obtención de una ortofoto mosaico hay que considerar que gran parte del proceso es automático, sin embargo, se requiere una exigente preparación previa de los insumos. En la actualidad se realiza mediante procesos digitales como ejemplo el programa Agisoft PhotoScan o Pix4D entre otros, que tiene un proceso parecido, mismo que se detalla a continuación:

Proceso:

- Tener las fotos aéreas archivadas dentro del ordenador, conjuntamente con los puntos de control que se hayan tomado en campo y que sean foto identificables
- Dentro del software que se vaya a usar, se debe crear el espacio de trabajo para las imágenes y los puntos de apoyo o de control.
- Cargar todas las imágenes obtenidas en campo dentro del software
- Orientación de la fotografía, esto se debe realizar con una precisión alta para el emparejamiento de la imagen por medio de los puntos de apoyo
- Crear la nube de puntos densa, con una calidad alta
- Crear malla, considerando el tipo de superficies (Bajo relieve, Terreno)
- Identificar los puntos de control dentro de las imágenes y crear marcadores para la calibración del mosaico de imágenes que será para georreferenciación de la ortofoto a obtener.
- Definir sistemas de coordenadas (SIRGAS ITRF08)
- Clasificar y definir la nube de puntos densa del terreno, de la superficie con las infraestructuras
- Exportar puntos
- Exportar imagen Ortofoto, en formatos: JPEG/Tiff/PNG ver **Figura 9**
- Exportar el MDE (modelo digital de elevación)
- También se pueden obtener:
 - MD (modelo digital)
Se define al modelo digital como el modelo del suelo desnudo o raso.
 - MDT (modelo digital del terreno)
Es la representación digital continua del relieve en el espacio tridimensional

- MDEd (modelo digital de edificios)
Es la captura volumétrica de los edificios y de todos los objetos que sobresalen de la superficie del terreno, como puentes, viaductos, etc.
- MDE (modelo digital de elevaciones)
Se define como una descripción matemática de la superficie terrestre, compuesto por un gran número de puntos discretos y estructuras lineales.
- MDS (modelo digital de superficies)
Este modelo envuelve y representa por completo la extensión tridimensional de una porción del terreno.



Figura 9: Ortofoto definitiva. Extensión del área urbana de la Parroquia San Carlos. Informe Ortofoto Naranjal 2018.

2.1.4 Digitalización

Técnicamente a la digitalización fotogramétrica se le conoce como restitución, siendo el sistema por el cual se obtiene en su gran mayoría los detalles de la superficie, siendo extraídos del proceso fotogramétrico previamente realizado; este proceso se realiza mediante herramientas digitales especializadas, llegando

a interpretar y dibujar lo apreciado en la ortofoto, para convertirlo en objetos con características determinadas.

Dependiendo del Tamaño del pixel proyectado sobre el terreno (GSD), al que se haya tomado las imágenes, se tiene una escala de restitución, que está dentro de las especificaciones técnicas para ortofotos digitales del Instituto Geográfico Militar (IGM)

ESCALA DE LA FOTOGRAFÍA	TAMAÑO DEL PIXEL (EN METROS)
1:5 000	0.07
1:10 000	0.14
1:20 000	0.28
1:30 000	0.42
1:60 000	0.84
1:60 000	0.84
1:60 000	0.84
1:60 000	0.84

Figura 10: Tabla de escalas de restitución. Instituto Geográfico Militar 2013.

2.1.4.1 Digitalización 2D

En este campo se extraerán todos los objetos que están relacionados con infraestructuras u objetos naturales que se encuentran dentro o sobre del modelo de elevaciones tales como:

- Carreteras
- Manzaneros
- Ríos
- Árboles

Como característica principal de la digitalización en 2D es que va a presentar en planimetría.

2.2 Estación total

Se denomina Estación Total a un instrumento Electro-Óptico de última generación, utilizado en el área de la topografía, que está apoyado en la tecnología electrónica y que integra en un solo equipo las funciones que realiza el teodolito, un medidor electrónico de distancias (Distanciómetro) y un microprocesador capaz de realizar múltiples tareas de medición, guardado de datos y cálculos en tiempo real. (Bustos, 2010)



Figura 11: Estación Total. Rescatado de us.sokkia.com

2.2.1 Funcionamiento de la Estación Total.

El funcionamiento de este instrumento, se basa en la medición de ángulos y distancias. Para el primer caso la medición de ángulos se realiza mediante marcas realizadas en discos transparentes y la lectura de distancias lo realiza por medio de una onda electromagnética portadora a diferentes frecuencias siendo estas refractadas por medio de un prisma que está ubicado en el punto a medir, tomando el instrumento el desfase entre ondas. (Bustos, 2010)

2.2.2 Características

Este instrumento combina tres componentes básicos: un instrumento de medición electrónica de distancias (MED), un componente electrónico de medición angular y una computadora o microprocesador, en una sola unidad. Estos aparatos pueden medir automáticamente ángulos horizontales y verticales, así como distancias inclinadas desde una sola estación. Con base en esto, estos instrumentos pueden calcular instantáneamente las componentes horizontales y verticales de las distancias, las elevaciones y coordenadas, así como exhibir los resultados en una caratula de cristal liquida (LCD). También puede almacenar los datos, ya sea en recolectores internos o externos de datos conectados a sus puertos de comunicación. (Wolf & Chilani, 2009, pág. 188)

2.2.2.1 Características de Funcionamiento

- Medición de ángulos

Teóricamente un Angulo se representa mediante la diferencia entre dos direcciones, independientemente de la altura de los puntos **P1** y **P2** el ángulo horizontal se ve representado por " α ", **Figura 12**, siempre y cuando la Estación Total tenga movimiento estrictamente sobre un plano horizontal. Ahora el ángulo cenital, que viene siendo el ángulo vertical, es representado por la diferencia de la dirección del eje Cenital y la dirección del punto a medir (Bustos, 2010, pág. 2).

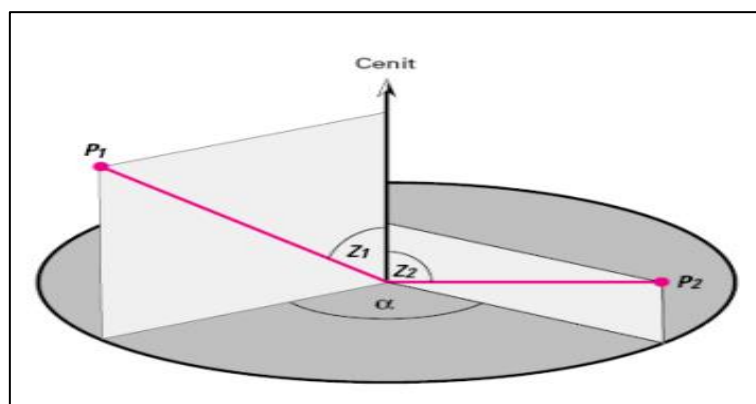


Figura 12: Medición de ángulos. Ing. Guillermo Bustos.

$Z1$ = Angulo cenital hacia P1

$Z2$ = Angulo cenital hacia P2

α = ángulo horizontal entre las dos direcciones.

- Precisión angular

Esta es una de las características principales de la estación total, dependiendo del tipo de equipo que se tenga las precisiones están dentro de un rango de (05" y 20"), siendo valores normales (1,2,3,4,5,6 y 10) segundos, (Bustos, 2010).

- Mínima lectura angular

La mínima lectura de una Estación total, dependerá del equipo que se tenga y su precisión, pudiendo tener equipos con precisión de 20" con lecturas mínimas de 10" o también equipos con precisión de 5" y lecturas mínimas de 1", (Bustos, 2010).

- Medición electrónica de Distancias. (MED)

(Bustos, 2010, pág. 7) nos dice, que la mayoría de las estaciones totales tienen el funcionamiento de los distanciómetros por el método de la comparación de fase, que consiste que la salida de una onda portadora de un foco emisor que tiene como objetivo llegar al prisma y reflejarse con el fin de regresar al origen. Esta onda portadora se trata como una onda modulada que recorre el doble de la distancia que se va a medir o evaluar.

La onda moduladora es la que ejecuta la medición, teniendo sistemas de modulación más utilizados como; en frecuencia, en amplitud, pulsante y por giro de plano de polarización.

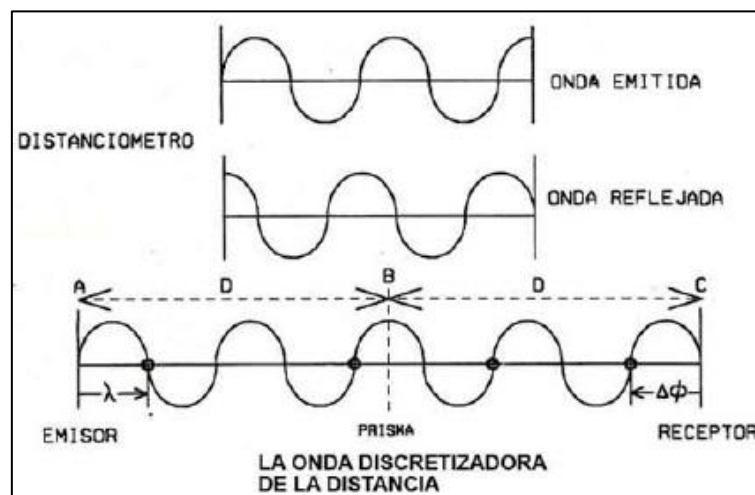


Figura 13: Medición de distancias. Ing. Guillermo Bustos.

La modulación de onda que es más frecuente en las Estaciones Totales, es la modulación por amplitud, que consiste en hacer proporcional la amplitud de la onda portadora y la onda moduladora. Partiendo de una emisión de una onda cuya longitud es λ , en el instante t_0 y partiendo de A hacia B, siendo B el punto en el cual se va a reflejar y devolver la señal, teniendo que la distancia que se va a medir es $AB=D$. ahora el espacio recorrido por la onda es $2D$ equivalente a considerar la continuación de la onda hasta C.

En la actualidad existen dos formas de medir distancias dentro de las estaciones totales, teniendo los distanciómetros infrarrojos, que se explicó su método de medición y los distanciómetros con láser que no necesitan un reflector para su medición, pero que dependen del tipo de superficie incidente, las condiciones



atmosféricas, teniendo correcciones autónomas de presión, temperatura y humedad por medio del sistema operativo que incorpore (Bustos, 2010, pág. 8).

- Alcance de la medición

El alcance que presente las distintas estaciones dentro del mercado, se distingue con uno o tres prismas y dependerá de las condiciones que presente la atmosfera, siendo buenas, malas, normales y en función de la radiación solar (Bustos, 2010).

El rango que se tiene de alcances de medición para las estaciones va desde 500m con un prisma hasta los 11km con 3 prismas y en buenas condiciones, sin embargo, para topografía no se considera distancias mayores a los 5km

- Precisión de los distanciómetros de la Estación total

Este es un punto de mucha importancia ya que dependerá para los errores de medición que se pueden llegar a tener. Todo el equipo cuenta en sus características técnicas la precisión, por ejemplo, se tiene la precisión de un equipo y es $\pm(5\text{mm}+3\text{ppm})$ por la distancia, donde los 5mm es el error fijo del equipo y las 3ppm son 3mm por cada kilómetro, siendo un valor que dependerá de la longitud a evaluar, de la precisión del equipo y las condiciones medioambiental es como la presión, temperatura y humedad, (Bustos, 2010)

- Mínima lectura

La mínima lectura que se puede llegar a tener en una medición con estación total, dependerá mucho del equipo y su precisión, también siento un factor importante el modo de medición que se aplique se siente un rango de lecturas mínimas que van desde 10mm, 1mm, e incluso hasta 0,1mm

2.2.2.2 Características por funcionalidad

Dentro de las características que presenta este equipo topográfico, vale destacar la funcionalidad que se le puede dar a la estación dentro del uso que nos permite esta tecnología, siendo:

- Levantamientos (registro de puntos, de alta, media baja precisión)
- Nivelaciones trigonométricas
- Replanteos de coordenadas o datos crudos.



- También cabe destacar, que, dentro del sistema del equipo, se nos facilita funciones para el cálculo de áreas, cálculo de alturas remotas y otros métodos de levantamiento, por medio de un programa COGO de la Estación Total.

Un levantamiento topográfico tiene como objetivo determinar la configuración de un terreno y su posición con respecto a la superficie. Dentro del levantamiento topográfico se toman datos necesarios para la elaboración de mapas y su respectiva representación, y para el caso de estudio se presenta los siguientes métodos de levantamiento siendo: la Poligonación y Radiación que básicamente se componen de captura de datos crudos, los mismo que son distancias inclinadas (DI), ángulo Horizontal y ángulo vertical

2.2.3 Poligonación

(Wolf & Chilani, 2009, pág. 227) asegura que, una poligonal es una serie de líneas consecutivas cuyos extremos se han marcado en el campo, así como sus longitudes y direcciones se han determinado a partir de mediciones en el campo. El trazo de una poligonal, que es la operación de establecer las estaciones de ésta y de hacer las mediciones necesarias, es uno de los procedimientos fundamentales y más utilizados en la práctica para determinar la ubicación relativa entre punto en el terreno

Este es un método de levantamiento de control. Dependiendo de la demanda del levantamiento este método se lo configura con una serie de puntos de control (estaciones), Inter visibles con respecto a sus estaciones adyacentes.

Hay dos tipos básicos de poligonales: la cerrada y la abierta, (Bannister, Raymond, & Baker, 2006, pág. 199) afirman que, el levantamiento consiste en la medición de ángulos entre líneas (...) y la longitud de cada línea. Establecidas las coordenadas de la primera estación y el rumbo (acimut) de la primera línea, pueden calcularse las coordenadas de todos los puntos sucesivos. Si la figura que forman las líneas cierra en una estación, es decir, si se forma un polígono, o si inicia y termina en puntos de coordenadas conocidas, se dice que se tiene una *poligonal cerrada*. Se llama poligonal abierta la que se inicia en una estación de coordenadas conocidas y termina en una estación de coordenadas

desconocidas. Cada tipo de poligonal tiene sus propias aplicaciones; sin embargo, la más recomendable es la cerrada, por ser la que más facilita la aplicación de correcciones a los errores que, como se ha dicho, son inevitables.

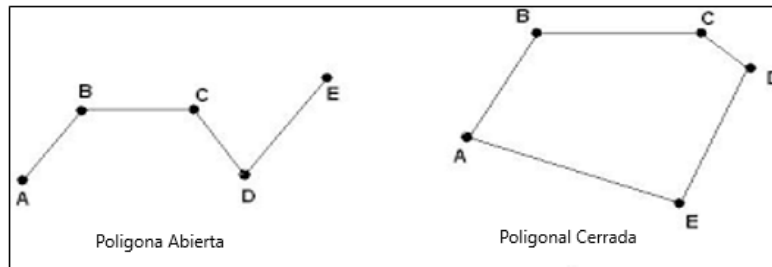


Figura 14: Poligonal Abierta y cerrada. Elaboración propia.

2.2.3.1 Metodología de levantamiento

(Bannister, Raymond, & Baker, 2006) nos recomienda que, para el levantamiento el equipo de trabajo está compuesto por un ingeniero Topógrafo y dos cadeneros. El ingeniero realiza las lecturas tanto de los ángulos como de las distancias, y el ayudante o cadenero se va colocando en las estaciones ya dispuestas por el topógrafo.

De acuerdo a las necesidades del levantamiento se van seleccionando las estaciones, procurando tener una buena visibilidad para el correcto desarrollo de la poligonal.

- **Mediciones lineales:** generalmente las mediciones lineales se realizan con instrumentos MED con corrección directa respecto a la horizontal
- **Mediciones angulares:** la medición de los ángulos, se las realiza en sentido contrario a las manecillas del reloj y los ángulos medidos son los internos

2.2.3.2 Ajustes y cálculo de la poligonal

Como ya se explicó anteriormente, existen dos tipos de poligonales, la poligonal cerrada y la poligonal abierta, teniendo para las misma, una serie de procedimiento para el cálculo y ajuste. Para nuestro caso de estudio nos centraremos en el desarrollo de la poligonal cerrada.

Para conveniencia de la demostración de cálculo de la poligonal, se dispone de un ejemplo ver **figura 15**.

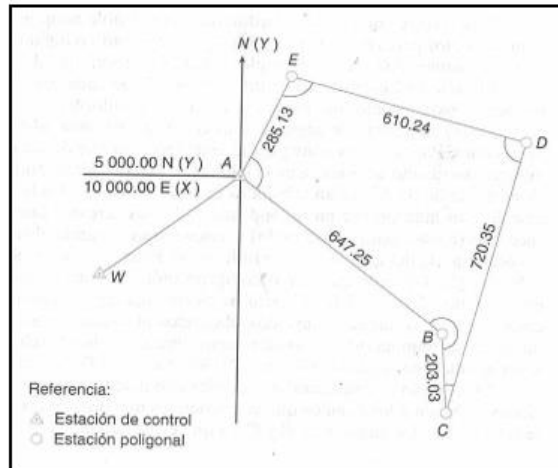


Figura 15: Poligonal cerrada. Ejemplo ilustrativo (Wolf & Chilani, 2009, pág. 241)

- Compensación de los ángulos

El primer paso para el cálculo de una poligonal cerrada, es el ajuste de todos los ángulos al total geométrico correcto, y se realiza obteniendo el error de cierre angular, que es la sumatoria de todos los ángulos internos de la poligonal y debe cumplir con la siguiente expresión:

$$(n - 2) * 180^\circ = \sum \text{ángulos internos}$$

n = número de estaciones de la poligonal

ahora para la compensación de los ángulos, (Wolf & Chilani, 2009, pág. 241) nos dicen que es necesario la aplicación de una corrección media, o promedio, a cada ángulo para los que hubo condiciones de observación aproximadamente iguales en todas la estaciones. La corrección de cada ángulo se determina dividiendo el cierre total angular entre el número de ángulos. **Ver tabla 1**

ERROR Y AJUSTE ANGULAR					
vertice	Angulo interior medido	Multiplos de corrección promedio (Error Angular/n)	Corrección redondeada	Diferencias sucesivas	Angulo ajustado
A	100°45'37"	2,2"	2"	2"	100°45'35"
B	231°23'43"	4,4"	4"	2"	231°23'41"
C	17°12'59"	6,6"	7"	3"	17°12'56"
D	89°03'28"	8,8"	9"	2"	89°03'26"
E	101°34'24"	11"	11"	2"	101°34'22"
sumatoria		540°00'11"	Sumatoria	11"	540°00'00"
		Error angular = 11"			
		n (numero de vertices) = 5			

Tabla 1: Error y ajuste angular. (Wolf & Chilani, 2009, pág. 242)

- Cálculo de Rumbos o Acimuts

Partiendo ya de los ángulos internos ajustados y de un acimut conocido de una línea de la poligonal, se deben calcular el acimut de todas las líneas siguientes ver **Figura 16**

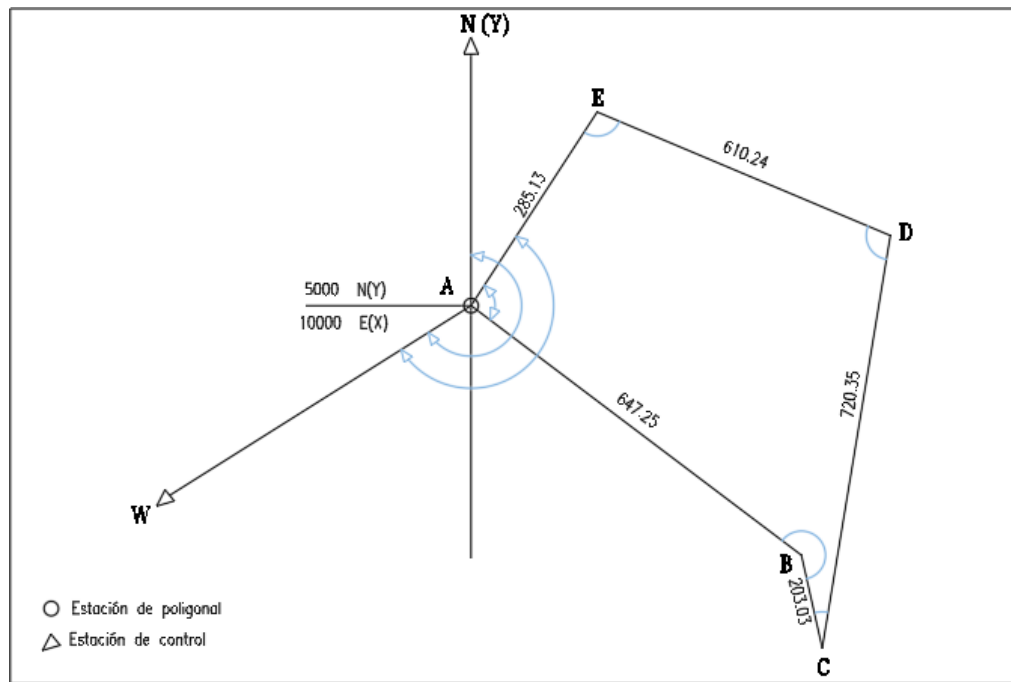


Figura 16: Cálculo de Acimuts. (Wolf & Chilani, 2009, pág. 241)

Acimut conocido: AW

Ángulos internos: A, B, C, D, E

Angulo de referencia y comprobación: EAW

Cálculo del acimut AB partiendo de un acimut conocido AW:

$$\text{Acimut} = \text{Acimut conocido} + \text{ángulo interno} + \text{ángulo de referencia} - 360^\circ$$

Cálculo de los acimuts restantes

$$\text{Acimut } B, C, \dots n = \text{Acimut anterior} + \text{ángulo interno} - 360^\circ$$

- Se suma 180° si la suma obtenida es inferior a 180°
- Se resta 180° si la suma obtenida es superior a 180°

126°55'17"	= AB	+89°03'26"	+ D
+180°		284°35'20"	= DE
306°55'17"	= BA	-180°	
+231°23'41"	+ B	+104°35'20"	= ED
538°18'58"	-360° = 178°18'58" = BC	+101°34'22"	+ E
-180°		206°09'42"	= EA
358°18'58"	= CD	-180°	
+17°12'56"	+ C	26°09'42"	= AE
375°31'54"	-360° = 15°31'54" = CD	+100°45'35"	+ A
-180°		126°55'17"	= AB✓
195°31'54"	= DC		

Tabla 2: Cálculo de Acimuts. Ejemplo ilustrativo (Wolf & Chilani, 2009, pág. 244)

- Proyecciones Ortogonales

Determinado las longitudes de las líneas, determinados los ángulos internos y calculados los rumbos, se continua con la obtención de las proyecciones para cada lado de la poligonal.

$$\text{Proyección en norte: } \Delta N = l * \sin(\text{Acimut})$$

$$\text{Proyección en este: } \Delta E = l * \cos(\text{Acimut})$$

Se debe tener cuidado con el signo de las proyecciones ya que dependerá de la ubicación en que se encuentre dentro del cuadrante cartesiano.

- Error de cierre Lineal y precisión relativa

Dado que la poligonal es cerrada, la sumatoria de todas las proyecciones debe ser igual a cero, en caso de no ser, siendo algo común, se debe realizar un ajuste, determinando el error de cierre lineal de la poligonal. (Wolf & Chilani, 2009)

$$\text{Error de cierre lineal} = \sqrt{dE^2 + dN^2}$$

Donde:

$$dE = \text{erro de cierre en Este}$$

$$dN = \text{erro de cierre en Norte}$$

(Wolf & Chilani, 2009, pág. 246) nos dicen que, la precisión relativa de una poligonal, se expresa como la fracción que tiene el error de cierre lineal en el numerado y el perímetro de la poligonal o la longitud total en el denominador, ósea:

$$\text{Precisión realtiva} = \frac{\text{error de cierre lineal}}{\text{longitud de la poligonal}}$$

- **Ajuste de poligonales**

En el caso de una poligonal cerrada, el error lineal de cierre debe distribuirse entre todo el polígono para “cerrar” la figura, aun cuando al trazar la poligonal a la escala del plano, el error de cierre sea insignificante. Existen carios métodos elementales para ajustar poligonales, pero el más comúnmente usado es el de la regla de la brújula (método de Bowditch), (Wolf & Chilani, 2009, pág. 247)

Esta regla ajusta las proyecciones ortogonales de las líneas de poligonales en proporción a sus longitudes. (...) Conduce a resultados lógicos en la distribución de los errores de cierre. Las correcciones con este método se hacen de acuerdo con las siguientes reglas (Wolf & Chilani, 2009, pág. 248)

- Corrección de proyección en X (Este).

$$\text{corrección} = -\frac{\text{longitud del lado}}{\text{perimetro de la poligonal}} \times dE$$

- Corrección de proyección en Y (Norte).

$$\text{corrección} = -\frac{\text{longitud del lado}}{\text{perimetro de la poligonal}} \times dN$$

Donde:

dE = error de cierre en Este

dN = error de cierre en Norte

- Coordenadas Rectangulares

(Wolf & Chilani, 2009, pág. 251) nos dicen que, dadas las coordenadas de **X** y **Y** de cualquier punto inicial **A**, ver **figura 15**, la coordenada **X** del siguiente punto **B** se obtiene sumando la proyección **X** ajustada de la línea **AB** a la coordenada de **X** del punto inicial **A**. Igualmente, la coordenada de **Y** de **B** es la proyección **Y** ajustada de **AB** sumada a la coordenada **Y** del punto inicial **A**. en forma de ecuación se tiene

$$XB = XA + \text{proyección } X \text{ de } AB$$

$$YB = YA + \text{proyección } Y \text{ de } AB$$

Para poligonales cerradas, el proceso se continua alrededor de la poligonal sumando sucesivamente proyecciones **X** y **Y** hasta que se vuelve a calcular las coordenadas a partir del punto inicial A.

Vértice (1)	Longitud (pies) (2)	Acimut preliminar (3)	Proyección X (4)	Proyección Y (5)	Coordenadas preliminares (pies)		Correcciones (pies)		Coordenadas corregidas*	
					X (6)	Y (7)	X (8)	Y (9)	X (pies) (10)	Y (pies) (11)
A					12,765.48	43,280.21			12,765.48	43,280.21
	1045.50	62°55'53"	930.978	475.762			-0.048	0.006		
B					13,696.458	43,755.972	(-0.048)	(0.006)	13,696.41	43,755.98
	1007.38	139°13'09"	657.988	-762.802			-0.046	0.006		
C					14,354.446	42,993.170	(-0.094)	(0.012)	14,354.35	42,993.18
	897.81	57°25'43"	756.604	483.336			-0.041	0.006		
D					15,111.050	43,476.506	(-0.135)	(0.018)	15,110.92	43,476.52
	960.66	340°56'15"	-313.751	907.980			-10.044	0.006		
E					14,797.299	44,384.486	(-0.179)	(0.024)	14,797.12	44,384.51✓
$\Sigma = 3911.35$					errores de cierre	-14,797.12 +0.179	-44,384.51 -0.024			
Precisión lineal = $\sqrt{(0.179)^2 + (-0.024)^2} = 0.181$ pie Precisión relativa = $\frac{0.181}{3911} = \frac{1}{21,000}$										
*Las coordenadas ajustadas se redondean con el mismo número de cifras significativas que las longitudes observadas.										

Tabla 3: Ajuste de una poligonal por coordenadas (Wolf & Chilani, 2009, pág. 249)

2.2.3.3 Levantamiento por Radiación

Una vez establecida la poligonal dentro de nuestra área de levantamiento, que tiene como objetivo servir de una red interna para nuestro levantamiento, se procederá con el levantamiento con el método de radiación.

Método que consiste en un barrido horizontal con el uso de la Estación Total, para cubrir toda el área del proyecto a levantar con la medición de todos los puntos que constituyan la superficie (Bannister, Raymond, & Baker, 2002) Ver **figura 13**.

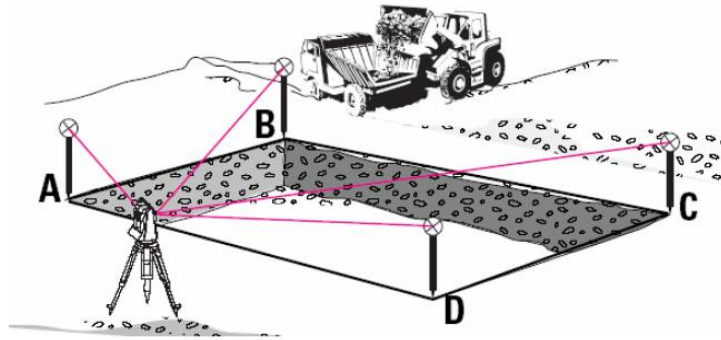


Figura 17: método de Radiación. Elaboración propia.

Este método tiene como exigencia la máxima visibilidad de los puntos a levantar y la estación base.

Dentro del levantamiento por el método de radiación se deben obtener:

- **Azimut:** Angulo medido con referencia al norte magnético o arbitrario, cuyo sentido debe ser el mismo que de las manecillas del reloj, dentro de un rango de (0-360) grados
- **Coordenadas:** son valores que permiten ubicar un punto dentro de la superficie, generalmente estos valores vienen dados sobre los ejes “X” y “y” para casos en los que se requiere puntos en el espacio tridimensional se usan los ejes “X”, “Y” y “Z”
- **Mojón:** es la construcción o señalización en la superficie terrestre de la posición del punto en el terreno que se levantó o se va a levantar.

2.3 Tecnología Satelital

El uso de nuevas técnicas que sirvan de apoyo y ayuden a la mejora de calidad del resultado de cualquier proceso de investigación o ejecución dentro de las diferentes áreas, principalmente dentro de la ingeniería (topografía), se viene dando dentro de los avances a lo largo del tiempo y es el caso de la tecnología satelital.



(Wolf & Chilani, 2009, pág. 323) afirman que, en los últimos años ha surgido un enfoque nuevo y único de la topografía, es el sistema de posicionamiento global (GPS) y el sistema global de navegación por satélite (GNSS). Son sistemas, que emergieron del programa espacial, se basa en señales transmitidas por los satélites para su operación. Son el resultado de la investigación y el desarrollo financiados por las fuerzas armadas de los Estados Unidos y Rusia respectivamente, para producir sistemas de navegación y guía global.

2.3.1 Sistema de Posicionamiento Global GPS (constelación NAVSTAR)

Con el Sistema de posicionamiento global (GPS), es posible obtener información de posicionamiento y de sincronización precisos en cualquier parte de la tierra con una confiabilidad y un bajo costo. El sistema puede operarse de día o de noche, durante la lluvia o en tiempo soleado, y no requiere de líneas de visuales despejadas entre las estaciones topográficas. (Wolf & Chilani, 2009, pág. 323)

2.3.2 Sistema de Navegación por Satélite GNSS (Constelación Glonass y Navstar)

El Global Navigation Satellite System (GNSS) es el equivalente ruso del GPS. Se considera como una constelación de satélites que transmiten señales que se usan para la localización y posicionamiento en diferentes partes del globo terráqueo, ya sea en tierra, mar o aire. Lo cual nos permite obtener coordenadas geográficas y la altitud de un punto.

Un sistema de navegación basado en 24 satélites artificiales puede proporcionar a los usuarios información sobre la posición y la hora con una gran exactitud, en cualquier parte del mundo, las 24 horas del día y en todas las condiciones climatológicas. (Wolf & Chilani, 2009)

2.3.3 Métodos de posicionamiento y aplicaciones

Los métodos de posicionamiento se ven clasificados de distintas maneras y por distintos factores (Prieto Morin & Velasco Gómez, 2014)

2.3.3.1 Criterios de clasificación

- Según el sistema de referencia

Absoluto: se calcula la posición de un punto utilizando las medidas de pseudodistancias por código, utilizando un solo equipo.



Relativo: Es necesario observar al menos con dos equipos simultáneamente. Las mediciones se pueden hacer por código o por fase. Se determina la distancia o incremento de coordenadas entre las antenas de los receptores (diferencia de posición entre ellos). A este método se le suele denominar diferencial. La gran ventaja de este método radica en que los errores de posicionamiento, muy similares en ambos puntos, son eliminados en su mayor parte.

- **Según el movimiento del receptor**

Estático: Se determina un único trio de coordenadas (X, Y, Z) directamente o (ΔX , ΔY , ΔZ) si el posicionamiento es diferencial, de una antena a partir de una serie de observaciones realizadas durante un periodo de tiempo en el que no se sufren desplazamientos superiores a la precisión del sistema. Existe redundancia en la observación.

Cinemático: Se determina el conjunto de coordenadas (X, Y, Z) directamente o (ΔX , ΔY , ΔZ) si el posicionamiento es diferencial, en función del tiempo y la situación de la antena, la cual estará en movimientos superiores a la precisión del sistema. No hay redundancia en las coordenadas del punto determinado, por tanto, se obtiene sin redundancia las coordenadas de un punto a partir de una muestra única de datos o época.

- **Según el observable utilizado**

Medida de código: Se determina a partir de pseudodistancias entre el satélite y el receptor mediante la utilización del código de la portadora.

Medida de fase de la portadora: Se utiliza la fase de la portadora para realizar la medida de la pseudodistancia. Requiere trabajar en modo diferencial o relativo.

- **Según el movimiento de la obtención de coordenadas**

Tiempo Real (Real time -RT): Las coordenadas del receptor, móvil o estático, se obtienen en tiempo real, es decir, en el momento de la observación. La precisión es función del observable utilizado (código o fase) y del método utilizado, absoluto o relativo.

Postproceso: Las coordenadas del receptor, móvil o estático, son obtenidas en Postproceso, es decir, una vez finalizada la observación se calculan las posiciones en gabinete. Este método se suele utilizar para posicionamiento

estático relativo. En el caso de posicionamiento estático relativo con medida de fase se obtienen soluciones más precisas que en tiempo real.

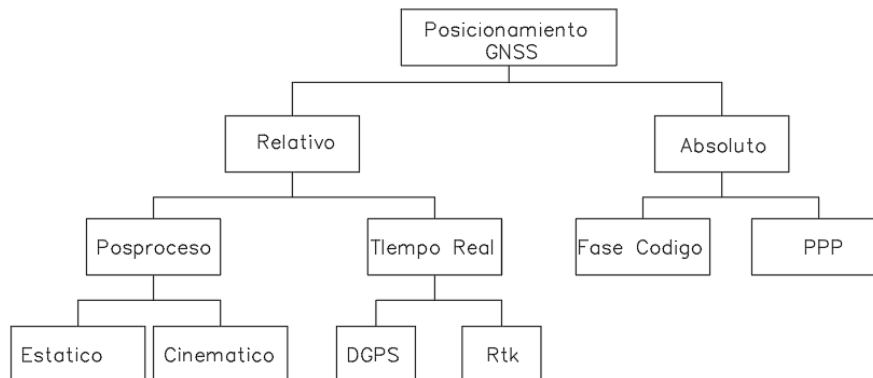


Figura 18: Métodos de posicionamiento GPS-GNSS. Elaboración propia.

2.3.3.2 Aplicaciones de acuerdo al método de posicionamiento

A partir de la combinación de la clasificación de métodos puros aparecen los distintos métodos de observación propiamente dichos, que son aplicados en topografía y geodesia, (Prieto Morin & Velasco Gómez, 2014)

2.3.3.2.1 Método estático relativo estándar

Se trata del clásico posicionamiento para la medida de distancias con gran precisión ($5\text{mm} + 1\text{ppm}$) en el que dos o más receptores se estacionan y observan durante un periodo mínimo de media hora, una o dos (o más), según la redundancia y precisión necesarias, y en función de la configuración de la constelación local y distancia a observar.

Las aplicaciones de este método son:

- Redes geodésicas de cobertura a grandes áreas.
- Redes nacionales y continentales.
- Seguimientos de movimientos tectónicos.
- Redes de gran precisión.

2.3.3.2.2 Método estático relativo rápido

Es una variante del Método Estático Relativo Estándar. De esta forma se reducen los periodos de observación hasta 5 o 10 minutos por estación, manteniendo los mismos ordenes de precisión que para el método Estático ($5\text{mm}-10\text{mm} + 1\text{ppm}$).

Las aplicaciones de este método son:

- Redes topográficas locales.
- Redes de control.
- Apoyo fotogramétrico.

2.3.3.2.3 Método cinemático relativo

El receptor de referencia estará en modo estático en un punto de coordenadas conocidas, mientras el receptor móvil (ROVER), deberá ser inicializado para resolver la ambigüedad, de una de las siguientes formas: mediante una observación en estático (rápido) o bien, partiendo de un punto con coordenadas conocidas.

Este método ha quedado obsoleto en la actualidad debido a la aparición del RTK.

2.3.3.2.4 Real time kinematic (RTK)-GPS en tiempo

Consiste en la obtención de coordenadas en tiempo real con precisión centimétrica ($1 \text{ ó } 2 \text{ cm} + 1\text{ppm}$). Usualmente se aplica este método a posicionamientos cinemáticos, aunque también permite posicionamientos estáticos. Es un método diferencial o relativo.

Sus aplicaciones son muchas en el mundo de la topografía y cartografía:

- Levantamientos
- Replanteos en tiempo real

Este será el sistema de posicionamiento que usaremos para el desarrollo del proyecto de levantamiento y en el cual pondremos más énfasis en estudio

2.3.3.2.5 Real time Diferencial GPS (RTDGPS)

Consiste en la obtención de coordenadas en tiempo real con precisión métrica o submétrica. Es un método diferencial o relativo. El receptor fijo o referencia estará en modo estático en un punto de coordenadas conocidas, mientras el receptor móvil o Rover, es el receptor en movimiento del cual se determinarán las coordenadas en tiempo real.

En el caso de topografía y cartografía sus aplicaciones son:

- Levantamientos a pequeña escala

- GIS
- Actualizaciones cartográficas de pequeña escala, etc.

2.3.4 Levantamiento topográfico con método de posicionamiento RTK (Real Time Kinematic)

Como es el caso con los métodos tradicionales de topografía, se dispone de varios métodos diferentes con los cuales hacer un levantamiento usando equipos receptores GPS o GNSS. Cada método proporciona un conjunto único de requerimientos de procedimiento para el personal de campo.

Para levantamientos topográficos, cartográficos o de inventario donde es suficiente una precisión de centímetro o submetros, un levantamiento RTK puede proporcionar el producto más económico y factible. (Wolf & Chilani, 2009)

Para el levantamiento de información con un receptor GPS o un receptor GNSS se tiene que la medición se representa por medio de vectores tridimensionales, siendo distancia, dirección y una diferencial de altura entre los puntos de la medición. Con este método no es necesario tener visibilidad entre los puntos, pero es de suma importancia que se presente una línea directa de visión a un determinado número de satélites para que se pueda generar el vector como la diferencia entre las coordenadas X, Y, Z de un sistema dado. (Wolf & Chilani, 2009)

2.3.4.1 Sistema de referencia

El sistema de referencia es SIRGAS IRTF08. La metodología RTK permite asociar una proyección y un sistema de referencia distinto, podemos obtener las coordenadas de los puntos directamente en la proyección UTM. También podrían obtenerse en cualquier otro sistema de referencia local con respecto al cual se haya realizado la georreferenciación (Wolf & Chilani, 2009)

2.3.4.2 Equipo de levantamiento



Figura 19: Hi-target V60. Rescatado de es.hi-target.com

- Antena base y antena móvil GPS con radios internos.
- Antena de triple banda conectada a batería
- Controladora inalámbrica para GPS.
- Trípode con plato nivelante y plomada óptica
- Bastón telescópico

Antes de empezar el levantamiento con los equipos GPS primero se debe tener claro el sistema de coordenadas que se van a usar siendo (geodésicas, cartesianas, locales), en base a esto se hace un recorrido por toda el área del proyecto y se van seleccionando los posibles vértices de control y se diseña una red de ser necesario por la extensión del área a intervenir, siendo muy importante que estos vértices este en campo abierto, evitando construcciones de gran altura, tendidos eléctricos o infraestructuras que puedan afectar la correcta recepción de la señal emitida por los satélites y la comunicación con el equipo móvil.

2.3.4.3 Teoría de uso

Ya en campo, el levantamiento es en tiempo real, siendo un metodología rápida, muy cómoda y precisa. El método de trabajo se compone de:

- Estación base, es el equipo que se mantiene fijo como referencia, el cual se encuentra situado en un vértice de la red básico, teniendo coordenadas conocidas
- Móvil, es el equipo que hace el recorrido por el área de estudio, siendo una topografía radial, es decir emitiendo señales relativas con la estación base. Este receptor al ponerse en funcionamiento se debe esperar un intervalo pequeño de tiempo para que obtenga la posición más precisa del punto a levantar, mientras más sea el número de satélites receptados mayor será la precisión de los datos levantados.

La comunicación que presenta la estación base con el móvil se da por medio de un sistema de transmisión en base a una radio interna que poseen los quipos, llegando a tener alcances desde los 2km dependiendo del equipo que se tenga, es por eso que la ubicación tanto de la base como del móvil deben ser visibles o con poca interferencia entre sí. Para evitar este tipo de problemas, lo recomendable es posicionar la base en un punto alto para así tener la comunicación más pura posible entre la base y móvil, de igual manera el móvil se debe elevar de ser necesario para la correcta lectura del punto. En el caso de que se necesite más longitud de alcance entre la estación base y el móvil se puede potenciar y amplificar la señal median una radio externa que tiene alcances por encima de los 5km.

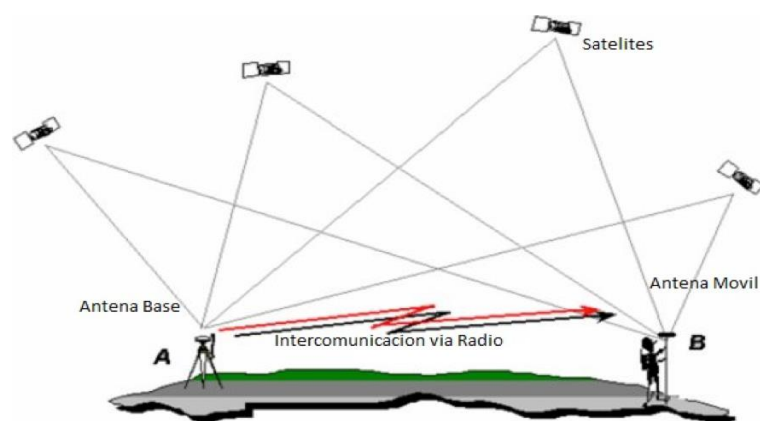


Figura 20: Tecnología Satelital intercomunicación. Rescatado de [geomaticaysig. blogs](#).

Se debe tener en cuenta que la altura de la antena es de suma importancia, ya que el receptor hace las respectivas mediciones desde el centro de su antena,



ya que con esta altura se realizan las correcciones de medidas al punto que está debajo del instrumento.

2.3.4.4 Levantamiento en campo.

El levantamiento se lleva a cabo por dos operarios y dos receptores, uno de referencia (estación base) y otro móvil. Uno de los operadores se encarga de la toma de puntos con el receptor móvil, así como anotando el número de punto y su correspondiente descripción, quedando así definido cualquier tipo de elemento a representar mientras que el otro operario está a cargo de la vigilancia del receptor fijo.

Dependiendo de lo que nos interese verificar en el levantamiento, se toman las lecturas de los elementos necesarios, linderos de predio, vértices de construcción.

Al final de cada día los puntos observados en campo se importan a la computadora, observando que los puntos levantados hayan cubierto toda la zona de interés y evitando que queden zonas sin el número de puntos adecuado, para tener una buena configuración de terreno.

2.3.5 Características de receptores GPS y receptores GNSS

Los receptores se caracterizan por ser la interfaz de usuario a cualquier sistema global de navegación por satélite, teniendo como objetivo procesar las señales emitidas por los satélites. Se basan en soluciones de navegación que proporciona: posición, velocidad y tiempo, teniendo en cuenta sus características principales son: (Prieto Morin & Velasco Gómez, 2014)

2.3.5.1 Tipo y constelación que se recibe

Estrictamente hablando, se denomina receptores GPS a los que trabajan sólo con señal GPS (Sistema de Posicionamiento Global - constelación NAVSTAR), si trabajan con varios sistemas se les denomina receptores GNSS. (Sistema de Navegación por Satélite - Constelación Glonass y Navstar), siendo estas las dos constelaciones que en la actualidad se encuentran activas.

Constelaciones de trabajo:

- Galileo: sistema independiente, controlado por la unión europea
- GPS: de origen militar, controlado por EEUU
- GLONASS: de origen militar, controlada por Rusia
- BEIDOU: controlado por china
- QZSS: de origen Indu

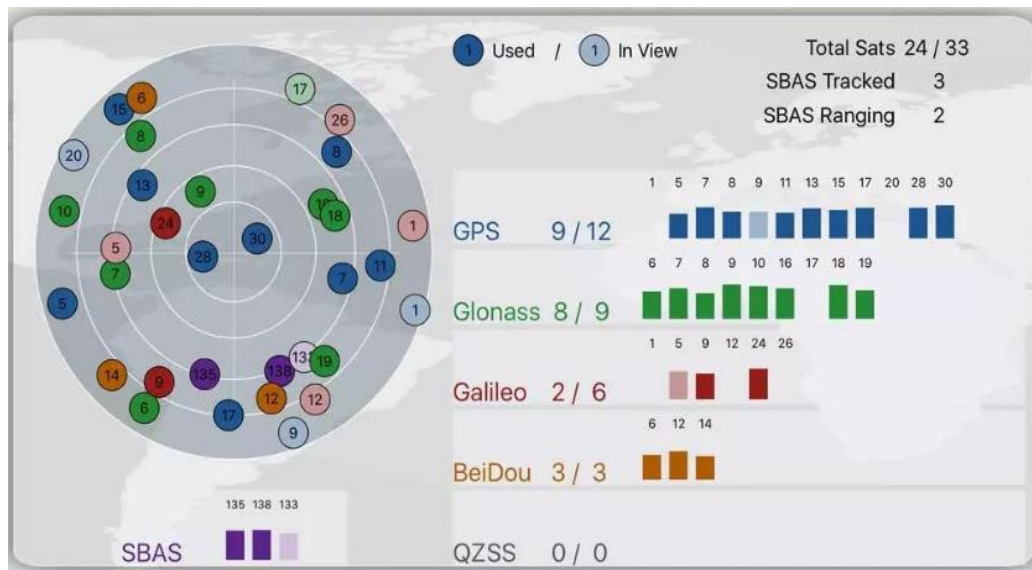


Figura 21: Constelación Satelital. Rescatado de [geomaticaysig. blogs](#).

2.3.5.2 Precisión de medida

Dependiendo del proyecto y la exigencia que se tengan, la precisión que se pueden obtener de las medidas son:

- **Estático**

Estática de alta precisión

Valores horizontales tienen precisiones de $3\text{mm} + -0.1\text{ppm}$, y para valores verticales la precisión va de $(3.5 - 6) \text{ mm} + - 0.4\text{ppm}$

- **Estática rápida**

Valores horizontales $(3 - 5) \text{ mm} + -0.5\text{ppm}$, y los valores verticales $(5 - 10) \text{ mm} + - 0.5\text{ppm}$

- **Cinemático**

Cinemático con Preprocesamiento



Valores horizontales de precisión van de (8 – 10) mm +- 1ppm, y para los valores verticales van de (15 – 20) mm +-1ppm

Cinemático en tiempo real

Valores horizontales de precisión van de 8mm +- 1ppm, y valores verticales van de 15mm +- 1ppm

- **RTK**

La precisión dentro de este modo de medición

Horizontal, 8mm +- 0.5ppm

Vertical, 15mm +- 05ppm

Tiempo de inicialización, como valor típico dentro de los quipos es de 8 segundo como valor máximo

- **Código Diferencial**

Precisión horizontal 0.25mm +- 1ppm

Precisión vertical 0.5mm +- 1ppm

- **SBass diferencial**

La precisión obtenida con este método tiene valores de <5m con la fiabilidad de la inicialización mayores al 99%

2.3.5.3 Comunicación de entrada y salida

La comunicación se realiza por diferentes sistemas de trasmisión siendo los más usados

- Sistema de trasmisión CMR
- Sistema de trasmisión RTCM

2.3.5.4 Disponibilidad o no de telefonía integrada

Permite realizar un enlace directo por medio de un modem integrado con velocidad 3.5G

2.3.5.5 Disponibilidad de radio

Permite realizar el enlace por medio de un modem de radio siendo:

- Integrado
- Receptor/transmisor de banda ancha de 450MHz
- Rango de frecuencia de 410MHz a 470MHz, teniendo alcances de (3-5) km con potencias de 2w

2.4 Teoría de errores

Independientemente del método de levantamiento que se aplique para la medición de distancias, se debe conceptualizar que las medidas pueden realizarse directa o indirectamente.

En topografía se hacen muchas mediciones indirectas y como todas tienen errores, es inevitable que las cantidades calculadas a partir de ellas también los tengan, por lo tanto la manera en que se combinan los errores en las mediciones para producir las respuestas de cálculo erróneas se llaman propagación de error (Wolf & Chilani, 2009, pág. 46)

Se debe conceptualizar los errores que se pueden presentar dentro del proyecto, definiendo a un error como la diferencia que existe con respecto al valor verdadero, (Wolf & Chilani, 2009) afirma que:

- Ninguna medida es exacta
- Toda medida tiene errores
- El valor verdadero de una medición nunca se conoce
- El error exacto que se encuentra en cualquier medida siempre será desconocido

2.4.1 Clasificación de los errores

(Wolf & Chilani, 2009, pág. 47) nos dicen que, existen tres causas por las cuales se cometen errores al efectuar medicaciones, y se clasifican de la siguiente manera:

- *Los errores naturales*
- *Los errores instrumentales*
- *Los errores personales*

2.4.2 Tipos de errores

(Wolf & Chilani, 2009, pág. 47) nos dicen que “los errores en las mediciones son de dos tipos: *sistemáticos* y *aleatorios*”

- Los Errores sistemáticos, también conocidos como sesgos, resultan de factores que comprenden el “sistema de medición” e incluye el medio ambiente, los instrumentos y el observador. Siempre que las condiciones del sistema se mantengan constantes, los errores sistemáticos se mantendrán asimismo constantes. Si las condiciones cambian, las magnitudes de los errores sistemáticos también cambian. Debido a que los errores sistemáticos tienden a acumularse, en ocasiones se les llama errores acumulativos (Wolf & Chilani, 2009, pág. 47)
- Los errores aleatorios son los que quedan después de haber eliminado los errores sistemáticos. Son ocasionados por factores que quedan fuera del control del observador, obedecen las leyes de la probabilidad y se les llaman errores accidentales. Estos errores están presentes en todas las mediciones topográficas (Wolf & Chilani, 2009, pág. 47)

2.4.3 Exactitud y precisión

Teniendo en cuenta que dentro de la exactitud y precisión se presenta las discrepancias, siendo la diferencia entre dos valores medidos de una misma cantidad, dando una definición a la exactitud y precisión.

La precisión se refiere al grado de refinamiento o consistencia de un grupo de mediciones y se evalúan con base en la magnitud de las discrepancias. Si se hacen mediciones múltiples de la misma cantidad y surgen pequeñas discrepancias, esto refleja una alta precisión.

- El grado de precisión alcanzable depende de la sensibilidad del equipo empleado y de la habilidad del observador (Wolf & Chilani, 2009, pág. 48).

- (Wolf & Chilani, 2009, pág. 48) aseguran que, “la exactitud denota una absoluta aproximación de las cantidades medidas a sus verdaderos valores.”

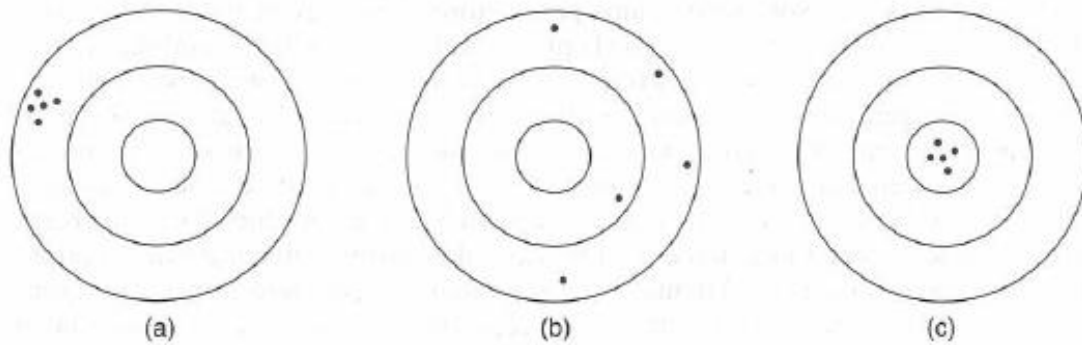


Figura 22: Ilustración de Exactitud y Precisión. Wolf & Chilani 2009.

- a) Mala exactitud
- b) Mala exactitud y mala precisión
- c) Buena exactitud y buena precisión

2.4.4 Teoría de probabilidades

La teoría de probabilidades se aplica a muchas mediciones sociológicas y científicas, señalando que los errores aleatorios existen en todo trabajo topográfico. Esto quizá se puede apreciar mejor si se toma en consideración el proceso de medición, que generalmente comprende la ejecución de diversas tareas elementales. Además de la selección y calibración de los instrumentos, estas tareas pueden incluir aplazamiento, centrado, alineación y visado correcto del equipo; estableciendo, igualación o comparación de las marcas, y lectura o estimación de los valores de escalas y cuadrantes graduados o calibrados. Debido a las imperfecciones del equipo y del observador, no se puede hacer mediciones exactas, por lo que siempre habrá errores aleatorios. La magnitud de estos errores y la frecuencia con que ocurren siguen las leyes de la probabilidad (Wolf & Chilani, 2009, pág. 50)

Con esta teoría, queremos obtener todos los errores posibles, que pueden presentar las medidas obtenidas en campo, para luego compensarlas y obtener el valor más probable de levantamiento

- **Error verdadero:** se define como el valor que se obtiene por la diferencia de una medida y su valor verdadero

$$E = X - li$$

Donde:

X = valor verdadero

li = Medida

- **Valor más probable:** es el promedio de todos los valores obtenidos en campo

$$X = \frac{l1 + l2 + l3 + \dots + ln}{n}$$

Donde:

$l1, l2, l3, \dots, ln$ = medidas en campo

n = número de medidas

- **El error aparente (residual):** es el valor obtenido por la diferencia entre el valor más probable y la medida tomada en campo.

$$Vi = li - X$$

Donde:

li = Medida en campo

- **Error medio cuadrático de las observaciones.**

$$m = mo = \pm \sqrt{\frac{\sum V^2}{n - 1}}$$

Donde:

mo = desviación estándar de un grupo de medidas de la misma magnitud

v = residuo de una observación individual $\sum V^2$

$\sum V^2$ = suma de los cuadrados de los residuos individuales

n = número de observaciones

- **Error medio cuadrático del valor más probable**

$$m = m_o = \pm \sqrt{\frac{\sum v^2}{n(n-1)}}$$

Donde:

m_o = desviación estándar de un grupo de medidas de la misma magnitud

v = residuo de una observación individual $\sum v^2$

$\sum v^2$ = suma de los cuadrados de los residuos individuales

n = número de observaciones

- **Interpretación de la desviación estándar**

(Wolf & Chilani, 2009) no dice que “se ha demostrado que la desviación estándar fija los límites dentro de los cuales debe esperarse que queden las mediciones en un porcentaje de número de veces”

- **Tolerancia:** es el error máximo permitido al efectuar mediciones, estas tolerancias serán establecidas de acuerdo a la precisión de los aparatos e instrumentos utilizados y con base en las condiciones de operación en campo

2.4.5 Propagación de Errores

Dentro de los levantamientos topográficos se van a obtener medidas, observaciones de diferentes precisiones, del cual se obtienen errores probables como **E_a , E_b , E_c , ..., E_n** respectivamente, entonces el error probable total de todas las medidas se puede calcular utilizando la ley de compensación o propagación de errores, que se basa en la siguiente expresión, (Wolf & Chilani, 2009).

$$E_{sum} = \pm \sqrt{(E_a)^2 + (E_b)^2 + \dots + (E_n)^2}$$

Donde:

E = representa cualquier porcentaje de error especificado

E_1, E_2, \dots, E_n = se refieren a las mediciones individuales e independiente



2.5 Errores máximos permitidos dentro de levantamiento Catastrales

Con referencia al Acuerdo ministerial (026), para levantamiento catastrales en zonas Urbanas y Rurales, se tiene que el error máximo permitido en las mediciones es igual a 0.0003 multiplicado por el factor de escala respectivo.

- Factor de escala zona Urbana = 1:1000
- Factor de escala Zona Rural = 1:5000

CAPITULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO Y LEVANTAMIENTO EN CAMPO

3.1 Preliminar

3.1.1 Características y condiciones del sitio.

La parroquia de San Carlos en la mayor parte de su extensión consta de terrenos agrícolas, grandes haciendas productoras de banano, caña de azúcar y cacao. Por lo que el centro poblado que posee mayor densidad de habitantes, predios y viviendas es una pequeña porción de la totalidad de la parroquia y que para el proyecto de actualización del catastro Urbano recién se ha delimitado el área a ser considerada como “Área Urbana”.

Dentro de esta delimitación el centro poblado se divide en dos puntos de concentración de predios que se aproxima a 50 hectáreas siendo el sector Noreste el más poblado, ordenado y con características necesarias para obtener información relevante con respecto a los objetivos planteados.



Figura 23: Extensión del Área urbana de la Parroquia San Carlos. Elaboración propia.

3.1.2 Inspección y definición del Área de levantamiento

El sitio presenta una topografía relativamente plana, pocas manzanas bien delimitadas, al igual que pocos predios sin cerramientos o con linderos identificables, además de maleza en predios sin edificar. La población presta disposición para colaborar con el proyecto y la seguridad de la parroquia es buena.

Se ha definido el área de levantamiento en base a la consolidación e infraestructura existente con el fin de abarcar localidades importantes para la parroquia, como son: escuela, canchas deportivas, iglesia y parques.

La extensión del área de estudio es de 9.41 hectáreas y consta de 17 manzanas definidas



Figura 24: Área de levantamiento de 9.41ha. Elaboración propia. Anexo 1

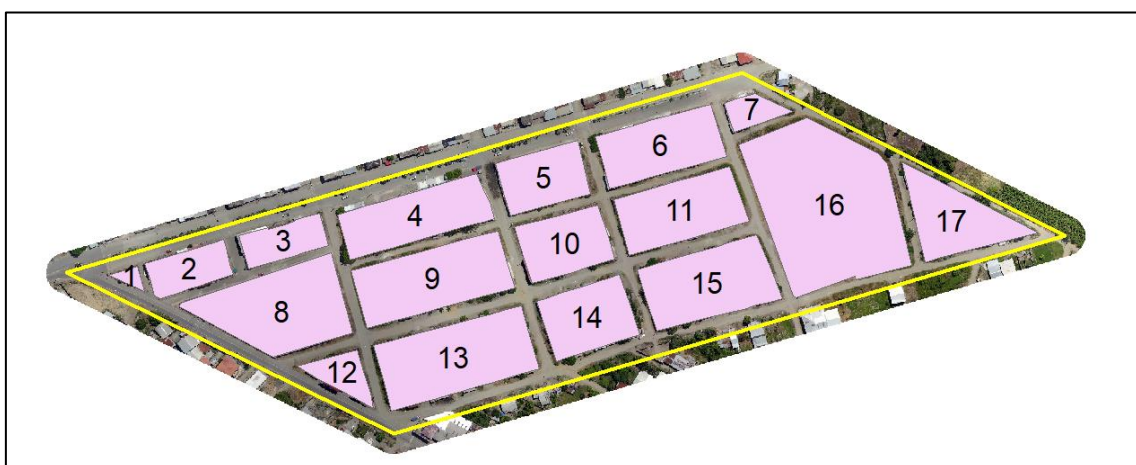


Figura 25: Manzanas a intervenir. Elaboración propia. Anexo 2

3.2 Red Geodésica existente

El Cantón Naranjal para el proyecto de actualización del Catastro menciona en los términos de referencia del contrato: “Establecer la red geodésica local colocando los puntos de control necesarios en los sectores levantados”, siguiendo para este fin las especificaciones técnicas vigentes a nivel nacional y que se reflejarán en los entregables dentro del diseño e Implementación de la Red Geodésica Catastral.

Las especificaciones técnicas comúnmente utilizadas son las definidas por el IGM, para la obtención de productos cartográficos escala 1: 1.000 con fines catastrales.

3.2.1 Sistema Geodésico Nacional de Referencia

El Sistema Geodésico Nacional se materializa en el Marco de Referencia Geodésico que sirve de fundamento para todas las actividades que incluyen la variable espacial en el Ecuador, y está conformado por una red de estaciones monumentadas en forma permanente, cuyas posiciones han sido determinadas en forma precisa y descritas matemáticamente con relación a un Datum común.

3.2.2 Parámetros del Sistema Geodésico Nacional de Referencia

Se utilizará como Sistema Geodésico Nacional de Referencia para la toma de la fotografía aérea y elaboración de las ortofotos, el SISTEMA GEODÉSICO establecido por el Instituto Geográfico Militar denominado:

SIRGAS ECUADOR – época 2016.436.

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
Elipsoide de Referencia	GSR80
Datum Horizontal	SIRGAS (ITRF08)
Época de Referencia	2016.436
Semieje Mayor (a)	$a=6378137,00$ (m)
Achatamiento Polar (f)	$f= 298,257222101$

Tabla 4: Parámetros del Elipsoide GR80

3.2.3 Datum Horizontal

Todo punto perteneciente a un levantamiento geodésico horizontal que se realice en el país, estará en referencia al sistema SIRGAS, el mismo que es una densificación del Marco de Referencia definido por el Servicio Internacional de Rotación Terrestre (IERS).

3.2.4 Características de la Red Geodésica Local Urbana de Naranjal.

La Red Topo-Geodésica catastral en el país está actualmente definida por la red activa (Red de Estaciones GNSS de Monitoreo Continuo – REGME).

El segundo nivel lo componen los vértices de la Red Geodésica Catastral Local, situadas en el interior de los linderos urbanos y se determinan mediante sistemas de posicionamiento GPS-GNSS. Estas redes están enlazadas a la Red Geodésica del Ecuador.

3.2.5 Conformación de la Red Geodésica

La red de control horizontal planificada, está conformada por 27 vértices generadas a partir de las estaciones de monitoreo continuo EMC de GUEC y SIEC.

Los vértices presentan la siguiente distribución en la Ciudad de Naranjal

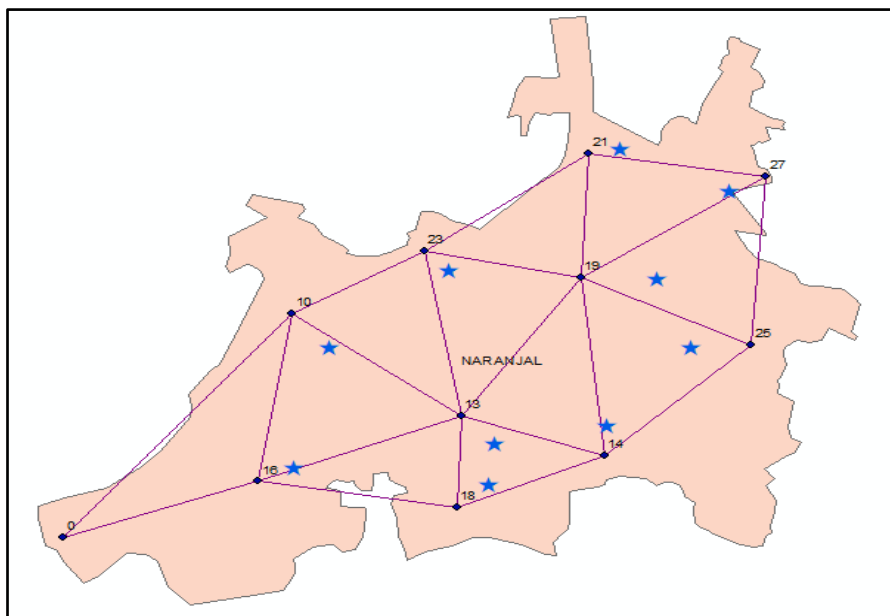


Figura 26: Red Geodésica de la ciudad Naranjal. Informe Red Geodésica Naranjal, 2018.

Mientras que en las parroquias se han ubicado dos puntos GPS – GNSS un vértice y un punto acimutal, los cuales servirán para realizar el levantamiento topográfico de las áreas delimitadas para el catastro.

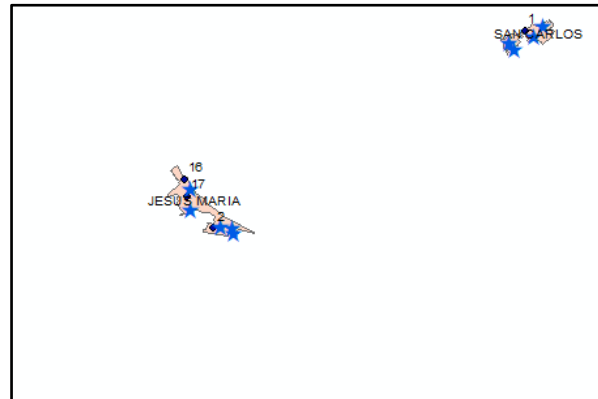


Figura 27: Puntos Geodésicos en Parroquias. Informe Red Geodésica Naranjal, 2018.

3.3 Levantamiento Aerofotogramétrico.

El levantamiento Aerofotogramétrico, servirá principalmente para la obtención del insumo principal para el desarrollo del catastro de la parroquia San Carlos, siendo la Ortofotografía de toda el área urbana de la parroquia, a continuación, se describe el procedimiento a seguir:

3.3.1 Planificación y simulación de vuelos

Los vuelos se planificaron a tres alturas, la de producto final 185m, 120m, 60m con mínimo 70% traslape lateral y 80% traslape longitudinal. De tal manera, que aseguramos tener cada objeto fotografiado varias veces desde distintos ángulos, y así poder modelarlo adecuadamente. El tamaño de pixel se planifico a máximo 6 cm para asegurar el detalle requerido en el producto final y que apruebe los parámetros establecidos por el Instituto Geográfico Militar (IGM).



Figura 28: Esquema de planificación de vuelo. Informe Ortofoto Naranjal, 2018.

3.3.2 Toma de imágenes en campo

Se realizaron los vuelos en la cuarta semana del mes de abril del 2018 para la altura de 185m. El clima era mayormente nublado, pero con iluminación suficiente. Las imágenes no presentan sombras oscuras y tienen suficiente iluminación y calidad para elaborar la ortofoto. Los vuelos de comprobación de 120m y 60m para este Trabajo de Titulación se realizaron en el mes de abril del 2019, con condiciones climáticas buenas y limitando a las 9.41 hectáreas del área de estudio.



Figura 29: Mosaico de fotos de la parroquia San Carlos. Elaboración propia. Anexo 3

3.3.3 Toma de Puntos foto-identificables con GPS en el campo

Se midió con precisión la ubicación de una gran cantidad de elementos fotoidentificables dispersos en toda el área de vuelo. Estos puntos son visibles de varios ángulos, y se distinguen en decimas de fotografías. Luego de indicar la ubicación de los elementos en cada foto el programa de fotorestitución puede mejorar la ubicación de las fotos en el modelo para eliminar el error del GPS en el Drone. Los puntos se aplican a las tres ortofotos a realizar con diferentes alturas.



Figura 30: Puntos foto identificables. Elaboración propia.

3.3.4 Post-proceso de las imágenes

Después de colocar los puntos de control en cada foto y hacer un control de calidad de las mismas, el software especializado puede calcular la nube de puntos. A partir de la nube de puntos, se deriva el modelo digital de superficie y la orto-fotografía. La nube de puntos contiene millones de estos, lo que hace que el proceso de cálculo sea largo, dependiendo directamente del hardware que se disponga.

3.3.4.1 Traslape de Imágenes

El traslape entre líneas de vuelos es de 70% traslape lateral y 80% traslape longitudinal lo que nos asegura mínimo 10 imágenes de cada lugar en el área de levantamiento. En el levantamiento a 5cm cada foto abarca en promedio una superficie de 245m por 181m.

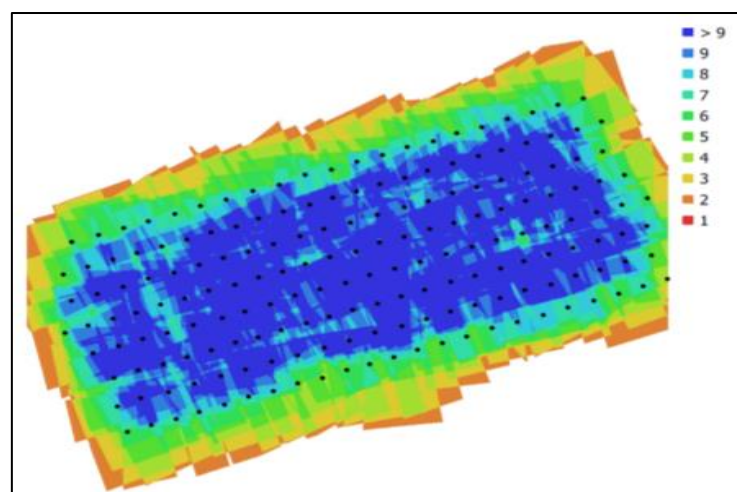


Figura 31: Traslape de líneas de vuelo San Carlos. Informe Ortofoto Naranjal, 2018.

3.3.4.2 Puntos de Control

Para la elaboración del modelo se usaron 76 puntos foto-identificables dispersos en el área de levantamiento, otros puntos sirvieron para verificar el modelo y la ortofoto. El error entre el modelo calculado y las coordenadas medidas con GPS en el campo, es menor al tamaño de pixel en todos los puntos.

1	2	3	4
Vuelo	Imagen	GSD cm	Error total cm
185m	Columnas y Filas	5.70	5,81
	Número de Bandas		
	Tamaño de celda (X, Y)		
120m	Columnas y Filas	3.88	2.28
	Número de Bandas		
	Tamaño de celda (X, Y)		
60m	Columnas y Filas	1.94	1.89
	Número de Bandas		
	Tamaño de celda (X, Y)		

Tabla 5: Tabla de error entre Modelo y Puntos de Control.

Donde:

1. Altura de vuelo
2. Imagen: Propiedades del pixel y su respectivo tamaño obtenido
3. GSD: siglas en ingles de Ground Sample Distance, representa en el terreno el valor de cada pixel.
4. Error total: representa el RMS, error medio cuadrático total entre el modelo y los puntos de control.



Figura 32: Puntos de Control con esquema de color para error total. Informe Ortofoto Naranjal, 2018.



Figura 33: Detalle Ortofoto a 185m. Elaboración Propia

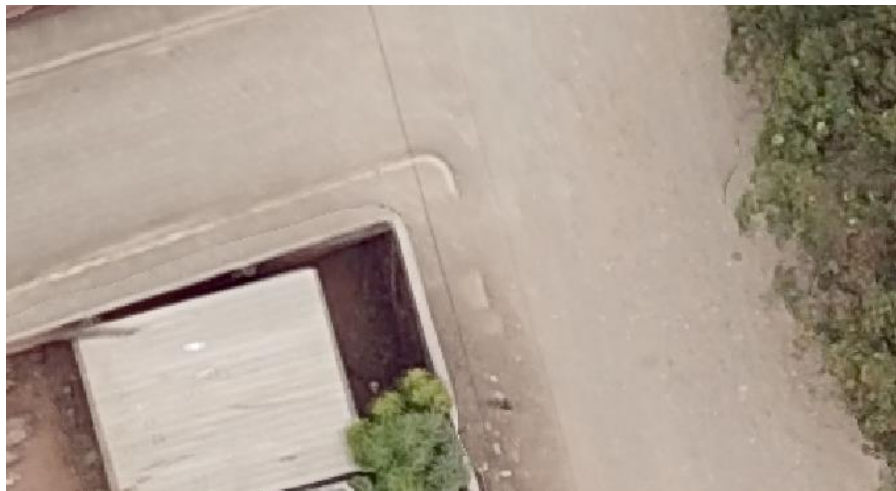


Figura 34: Detalle Ortofoto a 120m. Elaboración Propia



Figura 35: Detalle Ortofoto a 60m. Elaboración Propia

3.3.4.3 Nube de Puntos

Primeramente, se calcula un modelo con baja densidad de puntos, para que sea posible calcular las coordenadas precisas de las fotos, a partir de los puntos foto-identificables, la posición GPS inicial de la foto y el modelo. Después se calculó la nube densa, la cual tiene promedio un punto por pixel, lo cual implica una gran cantidad de puntos si el área es extensa y el tamaño de pixel pequeño, debido que el proyecto abarca un área de 9.41 hectareas y el pixel es de 5cmx5cm (valor que se encuentra dentro de los parámetros permitidos por el IGM), lo que nos da una nube densa de puntos de 37640000 puntos dentro del proyecto.



Figura 36: Visualización 3D de la nube de puntos. Informe Ortofoto Naranjal, 2018.

3.3.4.4 Modelo digital de Superficie (MDS)

El modelo digital de superficie incluye todos los objetos en el terreno como vegetación, construcciones etc. El tamaño de pixel del modelo es el doble del tamaño de pixel de la ortofoto. Los modelos de superficie pueden darnos información sobre la altura de los objetos encima del terreno.

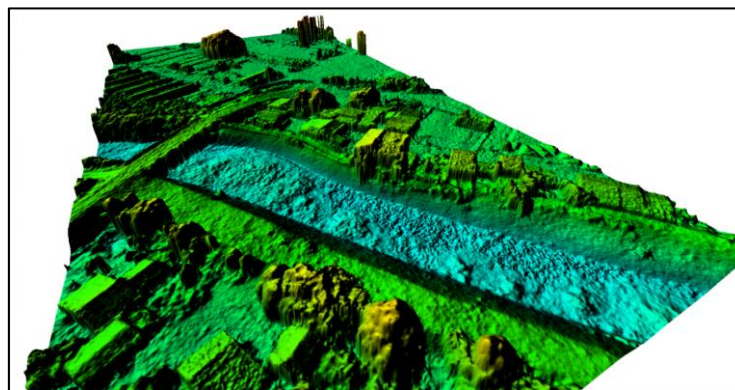


Figura 37: Modelo Digital de Superficie. Informe Ortofoto Naranjal, 2018.

3.3.4.5 Modelo digital del terreno (MDT) y Curvas de Nivel

En una segunda etapa del post-proceso se clasifica la nube de puntos en píxeles de terreno y de vegetación. A partir de los puntos clasificados como terreno derivamos el modelo digital de terreno.

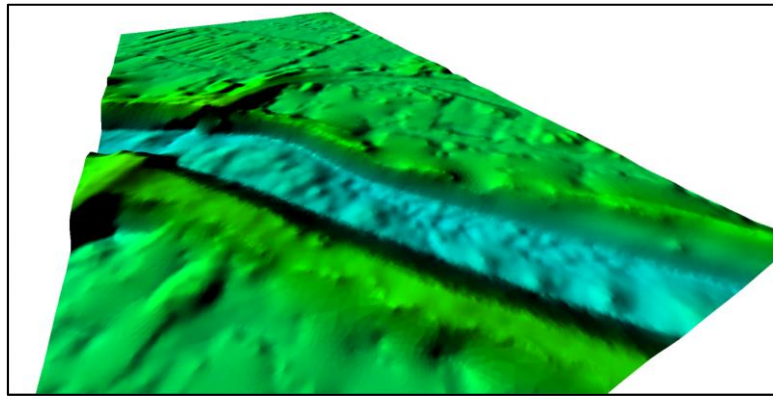


Figura 38: Modelo Digital del Terreno. Informe Ortofoto Naranjal, 2018.

3.3.4.6 Curvas de Nivel

Luego de crear el modelo digital del terreno se construyen las curvas de nivel. Las curvas de nivel se entregan con un desnivel de medio metro para el proyecto, sin embargo, se puede parametrizar de acuerdo a la necesidad. Ver Anexo 4

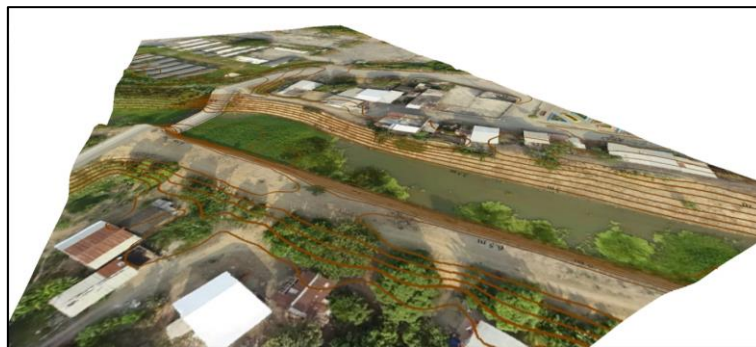


Figura 39: Modelo de Curvas de Nivel. Informe Ortofoto Naranjal, 2018.

3.3.4.7 Ortofoto

Las imágenes generadas tienen proyección ortométrica (proyección plana; sin efecto de perspectiva), lo cual implica que las dimensiones de los objetos son reales, tienen la misma escala, libre de errores y deformaciones con la misma validez de un plano. Los objetos tienen su escala real corregida mediante el modelo digital de superficie.



Figura 40: Ortofoto de la Parroquia San Carlos. Informe Ortofoto Naranjal, 2018.

En la ortofoto es posible realizar mediciones, es decir, que se combinan las características de una fotografía aérea con las propiedades geométricas de un plano.

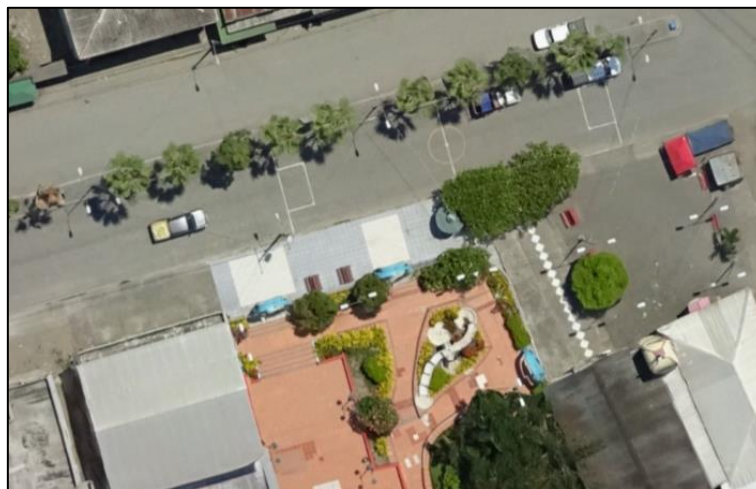


Figura 41: Acercamiento de la Ortofoto. Elaboración Propia.

3.3.4.8 Georreferenciación y Sistema de Coordenadas

Datum Horizontal:

El Datum usado, es ITRF2008, época de referencia 2016.4, en sistemas de información geográfica SIRGAS_2000_UTM_Zone_17S WKID: 31977

Datum Vertical:

Altura nivel medio del mar, mareógrafo: La Libertad, Modelo EGM08.

3.3.5 Digitalización de manzanas y generación de vértices sobre la Ortofoto (Generación de planos manzaneros)

El insumo principal para el desarrollo del catastro es la ortofoto, sobre el cual se realizarán mediciones con un proceso previo de digitalización.

El proceso de digitalización de manzanas se ha realizado con ayuda de un software de dibujo, donde se ha procedido a cargar la ortofoto con todos sus parámetros geodésicos.

inicialmente se ha creado una capa vectorial de tipo polígono, se ha identificado en cada una de las manzanas los objetos como cerramientos, paredes, estacas y demás que tengan como finalidad delimitar los linderos de cada predio.



Figura 42: Linderos foto identificables. Elaboración propia.

Sobre la ortofoto se ha trazado el polígono por los sitios visualizados como límites de la manzana, teniendo siempre un adecuado acercamiento.



Figura 43: Manzana digitalizada. Elaboración propia.

Para el caso de linderos no fotoidentificables se ha trazado el polígono de manera aproximada teniendo en cuenta la forma de la manzana.



Figura 44: Lindero no fotoidentificable. Elaboración propia.



Figura 45: Digitalización de lindero no fotoidentificable. Elaboración propia.

Posterior a este procedimiento se ha generado los vértices del polígono elaborado para cada manzana usando una capa vectorial del tipo punto y mediante los atributos de los vértices se obtiene las coordenadas Norte y Este, necesarias para el análisis.



Figura 46: Vértices generados posterior a la digitalización. Elaboración propia.



Figura 47: Visualización de coordenadas obtenidas. Elaboración propia.

3.4 Levantamiento con métodos tradicionales

3.4.1 Equipo y personal necesario para el levantamiento

Equipos y herramientas para realizar el levantamiento con estación total:

- Estación total (Sokkia Set 520k)
- Trípode
- Bípode
- Prismas (offset -30mm)
- Diana (Cinta reflectante de offset 0mm)
- Radios de comunicación
- Cinta métrica
- Bastón para prima

Equipos y herramientas para realizar el levantamiento con GPS:

- Equipo GPS Base (Hi-Target V60)
- Equipo GPS Móvil (Rover Hi-Target V60)
- Colectora de datos para GPS (iHand 20)
- Trípode para GPS para Base
- Bastón para GPS Móvil
- Cinta métrica

Personal necesario para el levantamiento con estación total:

- Topógrafo
- 2 Cadeneros

Personal necesario para el levantamiento con GPS:

- Topógrafo
- 1 Cadenero

3.4.2 Planificación y levantamiento con Estación total

3.4.2.1 Poligonal cerrada

Para el inicio del levantamiento con estación total se ha tomado la decisión de levantar una poligonal cerrada principal que consta de 9 vértices, teniendo en cuenta que exista visibilidad directa entre ellos.



Figura 48: Poligonal Cerrada Principal. Elaboración propia.

En varios vértices se ha visto conveniente monumentar hitos puesto que el trabajo es extenso y se ha realizado en varias sesiones.



Figura 49: Fundición de hitos para la poligonal cerrada. Elaboración propia.

En los vértices 1 y 2 que corresponden a las placas 01 y 02 de la red geodésica del Cantón Naranjal y de los vértices 3, 8 y 9 que son bordillos no se han monumentado hitos.



Figura 50: Placa PTO-01 de la Red Geodésica y vértice 1 de la poligonal. Elaboración propia.

Como datos de partida se obtuvo las coordenadas de los vértices 1 y 2 correspondientes a las establecidas en la Red Geodésica del Cantón Naranjal, con lo que se ha realizado el posicionamiento de la Estación Total en el vértice 2 para orientar hacia el vértice 1 usando la opción de Estacionamiento con coordenadas conocidas. Se ha garantizado en campo la precisión de la colocación de los prismas con trípodes y bípodes evitando la introducción de errores terrenales por manipulación de los cadeneros



Figura 51: Medición a primas correctamente fijados. Elaboración propia.

La poligonal se ha realizado en sentido horario desde el vértice 2, hacia el vértice 9 y finalizando con el cierre en el vértice 1. Esta poligonal ha sido verificada y se ha realizado los cálculos necesarios para el cierre de la misma, con una precisión dentro del margen permitido.

3.4.2.2 Radiación

Para la obtención las coordenadas Norte y Este de los vértices de cada manzana se ha realizado el método de radiación desde cada punto de la poligonal cerrada y para el caso en que no se pudo visualizar los vértices se colocó puntos secundarios en el interior de la poligonal desde donde se estaciono y se hizo radiación. Por características del equipo se ha usado dianas en las esquinas de los predios y en otros casos el prisma.



Figura 52: Método de radiación desde los vértices de la poligonal. Elaboración propia.

3.4.3 Planificación y levantamiento GPS en modo RTK

3.4.3.1 Posicionamiento GPS

El posicionamiento con GPS se realizó en la placa 1 de la red geodésica o para el caso de la poligonal cerrada en el vértice 1, se ha configurado un nuevo trabajo en el colector de datos colocando el sistema de referencia SIRGAS_2000_UTM_Zone_17S verificando, el número de satélites es superior a 10, PDOP menor 2 y la máscara de elevación en 10° se colocó la coordenada de la red geodésica en la base y el enlace con el Rover se ha realizado por medio de radio UHF interna de los equipos.

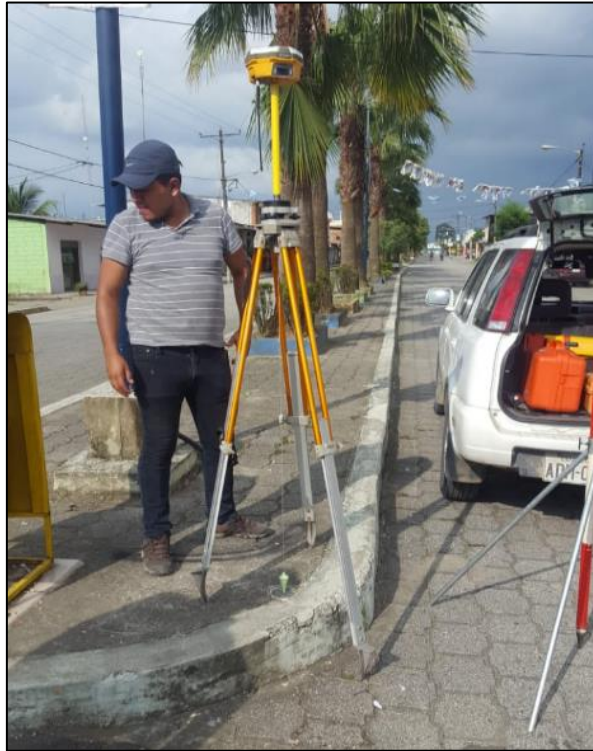


Figura 53: Posicionamiento de la base en la Placa 1 de la Red Geodésica. Elaboración propia.

3.4.3.2 Levantamiento RTK

Se ha conectado el colector por medio de comunicación Bluetooth al rover inicializando el levantamiento se ha verificado que el enlace entre Base y Rover por medio de radio UHF sea óptimo y la captura de satélites adecuada. El colector indica como **RTK Fix** cuando la base nos envía la corrección de las coordenadas en tiempo real.

La medición se ha realizado directamente a los vértices de las manzanas tratando de colocar el Rover en los mismos sitios donde se colocó el prisma, siempre teniendo la precaución de que la parte superior del GPS este despejada en ciertos vértices se ubicó el Rover lo más cercano al vértice y en otros casos ha sido imposible tomar la coordenada del vértice con las condiciones adecuadas. Una vez finalizado el levantamiento se visualizó los puntos obtenidos y se ha notado que existen puntos notoriamente desfasados de los vértices debido a las condiciones de captura del GPS.



Figura 54: Ejemplo de vértices obtenidos con RTK. Elaboración propia.



CAPITULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Garantía de levantamiento con Estación Total

Los datos recolectados conforman 68 vértices de manzanas medidos, dado que la teoría de errores nos indica que se debe llegar hacia una medida más probable por lo que se asume que las coordenadas obtenidas con Estación Total a partir de la poligonal cerrada que en primera instancia se realizó son la medida más probable y fija para el análisis.

Se presenta como garantía el cálculo del cierre de la poligonal, brindando mayor confianza tanto en precisión como exactitud. Cabe recalcar que la poligonal se inicia con las coordenadas de la placa 1 y 2 de la Red Geodésica existente.

El error en el cierre es de:

- error Este= -0.028m
- error Norte= 0.051m
- error Total=0.058m.

La tolerancia para un levantamiento de primer orden indica:

- factor= 1:25000

este valor es para una poligonal de control o proyectos de ingeniería grandes (Bannister,1998, pág. 216).

La precisión de esta poligonal cumple al tener:

- factor= 1:25957

Se obtuvo las coordenadas corregidas usando coeficientes de compensación $c_x = -0.0000200$ y $c_y = 0.0001020$.

En la siguiente tabla se indica ordenadamente las coordenadas levantadas, el cálculo de distancias, desplazamientos, desplazamientos corregidos y finalmente las coordenadas corregidas para la poligonal.



Poligonal Cerrada con Estación Total											
EST	Este	Norte	distancia	ΔE	ΔN	$ \Delta E $	$ \Delta N $	ΔE Corregido	ΔN Corregido	Este Corregido	Norte Corregido
Placa1	669413.536	9721084.294						Partida		669413.536	9721084.294
Placa2	669458.256	9721093.119	45.582	44.720	8.825	44.720	8.825	44.721	8.824	669458.257	9721093.118
E3	669897.867	9721213.505	455.797	439.611	120.386	439.611	120.386	439.620	120.374	669897.877	9721213.492
E4	670061.964	9721126.09	185.928	164.097	-87.415	164.097	87.415	164.100	-87.424	670061.977	9721126.068
E5	670113.828	9721103.511	56.566	51.864	-22.579	51.864	22.579	51.865	-22.581	670113.842	9721103.487
E6	669966.585	9721069.564	151.106	-147.243	-33.947	147.243	33.947	-147.240	-33.950	669966.602	9721069.537
E7	669766.094	9721012.16	208.547	-200.491	-57.404	200.491	57.404	-200.487	-57.410	669766.115	9721012.127
E8	669636.137	9720963.585	138.738	-129.957	-48.575	129.957	48.575	-129.954	-48.580	669636.161	9720963.547
E9	669415.819	9721062.907	241.671	-220.318	99.322	220.318	99.322	-220.314	99.312	669415.847	9721062.859
Placa1	669413.508	9721084.345	21.562	-2.311	21.438	2.311	21.438	-2.311	21.436	669413.536	9721084.295
		Σ	1505.497			1400.612	499.891			Llegada	

Tolerancia Primer Orden		Precisión Poligonal		Verificación	ERROR DE CIERRE (m)		Coeficientes de compensación	
Factor	1:25000	Factor	1:25957	Cumple	Este	-0,028	Cx	0,0000200
					Norte	0,051	Cy	0,0001020
					Total	0,058		

Tabla 6: Tabla de cierre de poligonal






Figura 55: Poligonal cerrada levantada. Elaboración propia. Anexo 5

4.2 Comparación de datos recolectados




Se describe la forma en que se trató cada vértice de manzana, describiendo ubicación y condición que se presentó en campo al realizar el levantamiento GPS en modo RTK, adicionalmente se indica la condición y criterio que se usó para digitalizar las manzanas y obtener las coordenadas.

1	2	3	4	5	6
Vértice numero	Estación total	GPS-RTK	Digitalización 185m	Digitalización 120m	Digitalización 60m
	Visualización	Condición de levantamiento	Condición de digitalización	Condición de digitalización	Condición de digitalización
1		Lindero con cerramiento, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero identificable, esquina de cerramiento	Lindero identificable, esquina de cerramiento	Lindero identificable, esquina de cerramiento
2		Lindero bajo alero de cubierta, problema con PDOP>3	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana






1	2	3	4	5	6
Vértice numero	Estación total	GPS-RTK	Digitalización 185m	Digitalización 120m	Digitalización 60m
	Visualización	Condición de levantamiento	Condición de digitalización	Condición de digitalización	Condición de digitalización
3		Varilla de hierro como lindero, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero no identificable se aproxima prolongando la dirección de los cerramientos	Lindero no identificable se aproxima prolongando la dirección de los cerramientos	Lindero no identificable se aproxima prolongando la dirección de los cerramientos
4		Lindero bajo alero de cubierta, problema con PDOP>3	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana
5		Roca pintada como lindero, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero poco identificable	Lindero poco identificable	Lindero identificable






1	2	3	4	5	6
Vértice numero	Estación total	GPS-RTK	Digitalización 185m	Digitalización 120m	Digitalización 60m
	Visualización	Condición de levantamiento	Condición de digitalización	Condición de digitalización	Condición de digitalización
6		Roca pintada como lindero, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero poco identificable	Lindero identificable	Lindero identificable
7		Lindero con cerramiento, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable
8		Lindero con cerramiento, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable






1	2	3	4	5	6
Vértice numero	Estación total	GPS-RTK	Digitalización 185m	Digitalización 120m	Digitalización 60m
	Visualización	Condición de levantamiento	Condición de digitalización	Condición de digitalización	Condición de digitalización
9		Borde de vereda como lindero, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero poco identificable	Lindero identificable	Lindero identificable
10		Borde de cubierta como lindero, se eleva la altura del bastón del RTK	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable
11		Lindero bajo alero de cubierta, problema con PDOP>3	Lindero no identificable se aproxima prolongando la dirección de los cerramientos	Lindero no identificable se aproxima prolongando la dirección de los cerramientos	Lindero no identificable se aproxima prolongando la dirección de los cerramientos






1	2	3	4	5	6
Vértice numero	Estación total	GPS-RTK	Digitalización 185m	Digitalización 120m	Digitalización 60m
	Visualización	Condición de levantamiento	Condición de digitalización	Condición de digitalización	Condición de digitalización
12		Lindero con cerramiento, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable
13		Lindero con cerramiento, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable
14		Poste como lindero, altura del poste obstaculiza para aplomar el GPS-RTK	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable




1	2	3	4	5	6
Vértice numero	Estación total	GPS-RTK	Digitalización 185m	Digitalización 120m	Digitalización 60m
	Visualización	Condición de levantamiento	Condición de digitalización	Condición de digitalización	Condición de digitalización
15		Lindero bajo alero de cubierta, problema con PDOP>3	Lindero no identificable se aproxima prolongando la dirección de los cerramientos	Lindero no identificable se aproxima prolongando la dirección de los cerramientos	Lindero no identificable se aproxima prolongando la dirección de los cerramientos
16		Lindero con cerramiento, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable
17		Lindero con cerramiento, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable



1	2	3	4	5	6
Vértice numero	Estación total	GPS-RTK	Digitalización 185m	Digitalización 120m	Digitalización 60m
	Visualización	Condición de levantamiento	Condición de digitalización	Condición de digitalización	Condición de digitalización
18		Roca pintada como lindero, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero no identificable se próxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se próxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se próxima siguiendo la linealidad de la manzana
19		Tronco del árbol como lindero, se eleva la altura del bastón para evitar que las ramas cubran al GPS- RTK	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana
20		Rama de árbol pequeño como lindero, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero poco identificable	Lindero poco identificable	Lindero identificable



1	2	3	4	5	6
Vértice numero	Estación total	GPS-RTK	Digitalización 185m	Digitalización 120m	Digitalización 60m
	Visualización	Condición de levantamiento	Condición de digitalización	Condición de digitalización	Condición de digitalización
21		Lindero con cerramiento, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable
22		Poste como lindero, altura del poste obstaculiza para aplomar el GPS-RTK	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable
23		Tapa de hormigón como lindero, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable





1	2	3	4	5	6
Vértice numero	Estación total	GPS-RTK	Digitalización 185m	Digitalización 120m	Digitalización 60m
	Visualización	Condición de levantamiento	Condición de digitalización	Condición de digitalización	Condición de digitalización
24		Roca pintada como lindero, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero poco identificable	Lindero identificable	Lindero identificable
25		Poste como lindero, altura del poste obstaculiza para aplomar el GPS-RTK	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable
26		Borde de patio como lindero, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable






1	2	3	4	5	6
Vértice numero	Estación total	GPS-RTK	Digitalización 185m	Digitalización 120m	Digitalización 60m
	Visualización	Condición de levantamiento	Condición de digitalización	Condición de digitalización	Condición de digitalización
27		Borde de vereda como lindero, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero poco identificable	Lindero identificable	Lindero identificable
28		Borde de cubierta y fin de vereda como lindero	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable
29		Lindero bajo alero de cubierta, problema con PDOP>3	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la vereda	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la vereda	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la vereda






1	2	3	4	5	6
Vértice numero	Estación total	GPS-RTK	Digitalización 185m	Digitalización 120m	Digitalización 60m
	Visualización	Condición de levantamiento	Condición de digitalización	Condición de digitalización	Condición de digitalización
30		Lindero con estaca, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero poco identificable
31		Borde de cubierta como lindero, se eleva la altura del bastón para evitar que la cubierta cubra el GPS-RTK	Lindero poco identificable	Lindero identificable	Lindero identificable
32		Lindero con cerramiento, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable



1	2	3	4	5	6
Vértice numero	Estación total	GPS-RTK	Digitalización 185m	Digitalización 120m	Digitalización 60m
	Visualización	Condición de levantamiento	Condición de digitalización	Condición de digitalización	Condición de digitalización
33		Borde de poste en forma de v como lindero, se eleva la altura del bastón para evitar que las ramas cubran al GPS-RTK	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable
34		Varilla de hierro como lindero, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana
35		Borde de cubierta como lindero, se eleva la altura del bastón para evitar que la cubierta cubra el GPS-RTK	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable






1	2	3	4	5	6
Vértice numero	Estación total	GPS-RTK	Digitalización 185m	Digitalización 120m	Digitalización 60m
	Visualización	Condición de levantamiento	Condición de digitalización	Condición de digitalización	Condición de digitalización
36		Borde de cubierta como lindero, se eleva la altura del bastón para evitar que la cubierta cubra el GPS-RTK	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable
37		Lindero bajo alero de cubierta, problema con PDOP>3	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana
38		Arbusto como lindero, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero poco identificable	Lindero poco identificable	Lindero poco identificable






1	2	3	4	5	6
Vértice numero	Estación total	GPS-RTK	Digitalización 185m	Digitalización 120m	Digitalización 60m
	Visualización	Condición de levantamiento	Condición de digitalización	Condición de digitalización	Condición de digitalización
39		Borde de vereda como lindero, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable
40		Lindero con cerramiento, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable
41		Varilla de hierro como lindero, se eleva la altura del bastón para evitar que las ramas cubran al GPS- RTK	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana






1	2	3	4	5	6
Vértice numero	Estación total	GPS-RTK	Digitalización 185m	Digitalización 120m	Digitalización 60m
	Visualización	Condición de levantamiento	Condición de digitalización	Condición de digitalización	Condición de digitalización
42		Lindero bajo alero de cubierta, problema con PDOP>3	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana
43		Borde de cubierta como lindero, problema con PDOP>3	Lindero poco identificable	Lindero identificable	Lindero identificable
44		Lindero bajo alero de cubierta, problema con PDOP>3	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana






1	2	3	4	5	6
Vértice numero	Estación total	GPS-RTK	Digitalización 185m	Digitalización 120m	Digitalización 60m
	Visualización	Condición de levantamiento	Condición de digitalización	Condición de digitalización	Condición de digitalización
45		Borde de cubierta como lindero, problema con PDOP>3	Lindero poco identificable	Lindero identificable	Lindero identificable
46		Sin lindero se alinea con los cerramientos de la manzana, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana
47		Alambrado como lindero, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero poco identificable	Lindero poco identificable	Lindero poco identificable






1	2	3	4	5	6
Vértice numero	Estación total	GPS-RTK	Digitalización 185m	Digitalización 120m	Digitalización 60m
	Visualización	Condición de levantamiento	Condición de digitalización	Condición de digitalización	Condición de digitalización
48		Sin lindero se alinea con los cerramientos de la manzana, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana
49		Borde de cubierta como lindero, se eleva la altura del bastón para evitar que la cubierta cubra el GPS-RTK	Lindero poco identificable	Lindero poco identificable	Lindero identificable
50		Lindero con cerramiento, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable




1	2	3	4	5	6
Vértice numero	Estación total	GPS-RTK	Digitalización 185m	Digitalización 120m	Digitalización 60m
	Visualización	Condición de levantamiento	Condición de digitalización	Condición de digitalización	Condición de digitalización
51		Sin lindero se alinea con los cerramientos de la manzana, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana
52		Lindero con cerramiento, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable
53		Sin lindero se alinea con los cerramientos de la manzana, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana



1	2	3	4	5	6
Vértice numero	Estación total	GPS-RTK	Digitalización 185m	Digitalización 120m	Digitalización 60m
	Visualización	Condición de levantamiento	Condición de digitalización	Condición de digitalización	Condición de digitalización
54		Estaca como lindero, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana
55		Lindero bajo alero de cubierta, problema con PDOP>3	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana
56		Poste como lindero, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero poco identificable	Lindero poco identificable	Lindero poco identificable



1	2	3	4	5	6
Vértice numero	Estación total	GPS-RTK	Digitalización 185m	Digitalización 120m	Digitalización 60m
	Visualización	Condición de levantamiento	Condición de digitalización	Condición de digitalización	Condición de digitalización
57		Agujero como lindero, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero poco identificable	Lindero poco identificable	Lindero poco identificable
58		Sin lindero se alinea con los cerramientos de la manzana, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana
59		Estaca como lindero, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable



1	2	3	4	5	6
Vértice numero	Estación total	GPS-RTK	Digitalización 185m	Digitalización 120m	Digitalización 60m
	Visualización	Condición de levantamiento	Condición de digitalización	Condición de digitalización	Condición de digitalización
60		Lindero con cerramiento, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable
61		Arbusto como lindero, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana
62		Borde de vereda como lindero, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable



1	2	3	4	5	6
Vértice numero	Estación total	GPS-RTK	Digitalización 185m	Digitalización 120m	Digitalización 60m
	Visualización	Condición de levantamiento	Condición de digitalización	Condición de digitalización	Condición de digitalización
63		Poste como lindero, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable
64		Poste como lindero, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable
65		Sin lindero se alinea con los cerramientos de la manzana, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana






1	2	3	4	5	6
Vértice numero	Estación total	GPS-RTK	Digitalización 185m	Digitalización 120m	Digitalización 60m
	Visualización	Condición de levantamiento	Condición de digitalización	Condición de digitalización	Condición de digitalización
66		Arbusto como lindero, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana	Lindero no identificable se aproxima siguiendo la linealidad de la manzana
67		Lindero con cerramiento, se coloca en el mismo sitio donde se ubicó el prisma	Lindero identificable	Lindero identificable	Lindero identificable
68		Borde de cubierta plástica como lindero, se eleva la altura del bastón para evitar que la cubierta cubra el GPS-RTK	Lindero poco identificable	Lindero identificable	Lindero identificable

Tabla 7: Tabla comparativa de datos recolectados.



Descripción de la tabla de datos recolectados:

1. Numero Vértice o punto levantado
2. Visualización de fotograma y captura de puntos con Estación Total
3. Condiciones de topográficas para levantamiento con método mediante GPS-RTK
4. Condición de digitalización sobre un ortofoto a una altura de vuelo de $h = 185$ metros
5. Condición de digitalización sobre un ortofoto a una altura de vuelo de $h = 120$ metros
6. Condición de digitalización sobre un ortofoto a una altura de vuelo de $h = 60$ metros



4.3 Análisis de precisiones obtenidas en el levantamiento

Se ha establecido un criterio de evaluación de exactitud basados en la precisión milimétrica del equipo GPS y el tamaño de pixel centimétrico de la ortofoto, mostrando los valores cuantitativos en forma cualitativa de la siguiente forma:

EXCELENTE (E)	MUY BUENO (MB)	BUENO (B)	MALO (M)	PÉSIMO (P)
0.000m – 0.010m	0.010m – 0.035m	0.035m – 0.050m	0.050m – 0.100m	Mayores a 0.100m

Se presenta el resultado tabulado y análisis de las coordenadas obtenidas aplicando el criterio anterior

1	2		3		4		5		6		7							
	ESTACION TOTAL		GPS-RTK		DIGITALIZACION 185m		DIGITALIZACION 120m		DIGITALIZACION 60m		ERROR TOTAL RTK Y DIGITALIZACION							
P	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	et ET RTK	et ET DIG	185m	et ET DIG	120m	et ET DIG	60m	
1	9721073.505	669416.586	9721073.511	669416.546	9721073.498	669416.648	9721073.535	669416.581	9721073.515	669416.587	0.040	B	0.062	M	0.030	B	0.010	MB
2	9721079.632	669437.253	9721079.657	669437.336	9721079.592	669437.121	9721079.518	669437.301	9721079.521	669437.301	0.087	M	0.138	P	0.124	P	0.121	P
3	9721061.487	669442.402	9721061.501	669442.442	9721061.433	669442.291	9721061.412	669442.335	9721061.408	669442.345	0.042	B	0.123	P	0.101	P	0.097	M
4	9721081.053	669443.351	9721081.043	669443.198	9721080.909	669443.414	9721080.921	669443.407	9721080.933	669443.407	0.153	P	0.157	P	0.143	P	0.132	P
5	9721058.295	669450.387	9721058.31	669450.398	9721058.282	669450.341	9721058.269	669450.361	9721058.264	669450.373	0.019	MB	0.048	B	0.037	B	0.034	B
6	9721056.135	669456.548	9721056.147	669456.515	9721056.128	669456.486	9721056.131	669456.512	9721056.129	669456.521	0.035	B	0.062	M	0.036	B	0.028	MB
7	9721050.04	669468.582	9721050.04	669468.585	9721050.034	669468.571	9721050.033	669468.574	9721050.038	669468.578	0.003	E	0.013	MB	0.011	MB	0.004	E
8	9721052.900	669468.83	9721052.903	669468.826	9721052.898	669468.824	9721052.898	669468.824	9721052.894	669468.824	0.005	E	0.006	E	0.006	E	0.008	E
9	9721099.204	669500.985	9721099.217	669500.978	9721099.285	669501.005	9721099.215	669501.007	9721099.210	669501.009	0.015	MB	0.083	M	0.025	MB	0.025	MB
10	9721074.266	669508.526	9721074.235	669508.436	9721074.309	669508.537	9721074.304	669508.520	9721074.289	669508.524	0.095	M	0.044	B	0.038	B	0.023	MB
11	9721101.177	669511.463	9721101.054	669511.209	9721101.065	669511.503	9721101.077	669511.498	9721101.071	669511.478	0.282	P	0.119	P	0.106	P	0.107	P
12	9721077.581	669518.964	9721077.517	669518.974	9721077.619	669518.959	9721077.609	669518.955	9721077.601	669518.951	0.065	M	0.038	B	0.029	MB	0.024	MB
13	9721013.038	669537.141	9721013.032	669537.142	9721012.994	669537.150	9721012.999	669537.145	9721013.004	669537.140	0.006	E	0.045	B	0.039	B	0.034	B
14	9721006.484	669555.453	9721006.468	669555.4147	9721006.443	669555.484	9721006.464	669555.480	9721006.458	669555.471	0.041	B	0.051	M	0.034	B	0.032	B
15	9721117.728	669572.201	9721117.722	669572.4486	9721117.730	669572.104	9721117.755	669572.158	9721117.751	669572.162	0.248	P	0.097	M	0.051	M	0.045	B
16	9721095.188	669578.268	9721095.178	669578.273	9721095.220	669578.292	9721095.204	669578.287	9721095.196	669578.284	0.011	MB	0.040	B	0.025	MB	0.018	MB
17	9721089.402	669579.889	9721089.402	669579.886	9721089.408	669579.893	9721089.401	669579.898	9721089.399	669579.895	0.003	E	0.007	E	0.009	E	0.007	E
18	9721118.016	669585.354	9721117.951	669585.0367	9721118.188	669585.122	9721118.115	669585.189	9721118.108	669585.198	0.324	P	0.289	P	0.192	P	0.181	P
19	9721085.492	669593.224	9721085.494	669593.1842	9721085.413	669592.949	9721085.435	669592.998	9721085.443	669593.012	0.040	B	0.286	P	0.233	P	0.218	P



1	2		3		4		5		6		7							
	ESTACION TOTAL		GPS-RTK		DIGITALIZACION 185m		DIGITALIZACION 120m		DIGITALIZACION 60m		ERROR TOTAL RTK Y DIGITALIZACION							
P	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	et ET RTK	et ET DIG	185m	et ET DIG	120m	et ET DIG	60m	
20	9721076.593	669594.997	9721076.589	669594.9785	9721076.542	669594.996	9721076.561	669594.999	9721076.567	669594.994	0.019	MB	0.051	M	0.032	B	0.026	MB
21	9721031.066	669596.123	9721031.067	669596.12	9721031.053	669596.147	9721031.049	669596.139	9721031.058	669596.133	0.003	E	0.027	MB	0.023	MB	0.013	MB
22	9721019.108	669600.327	9721019.104	669600.3635	9721019.085	669600.354	9721019.087	669600.351	9721019.094	669600.350	0.036	B	0.035	B	0.032	B	0.027	MB
23	9721033.331	669607.202	9721033.334	669607.1915	9721033.331	669607.142	9721033.310	669607.161	9721033.319	669607.171	0.011	MB	0.060	M	0.046	B	0.033	B
24	9721021.503	669611.359	9721021.329	669611.359	9721021.395	669611.306	9721021.484	669611.318	9721021.488	669611.324	0.174	P	0.120	P	0.045	B	0.038	B
25	9720976.698	669612.246	9720976.726	669612.2419	9720976.732	669612.216	9720976.728	669612.225	9720976.720	669612.234	0.028	MB	0.045	B	0.037	B	0.025	MB
26	9720973.24	669624.337	9720973.212	669624.317	9720973.252	669624.354	9720973.250	669624.355	9720973.240	669624.355	0.034	B	0.021	MB	0.021	MB	0.018	MB
27	9721148.68	669691.527	9721148.697	669691.557	9721148.685	669691.561	9721148.685	669691.555	9721148.680	669691.531	0.034	B	0.034	B	0.028	MB	0.004	E
28	9721114.685	669701.012	9721114.696	669701.009	9721114.675	669701.015	9721114.677	669701.016	9721114.680	669701.014	0.011	MB	0.010	MB	0.009	E	0.005	E
29	9721155.023	669701.148	9721155.067	669700.852	9721154.973	669701.190	9721154.982	669701.185	9721154.998	669701.189	0.299	P	0.065	M	0.055	M	0.048	B
30	9721106.022	669702.735	9721106.025	669702.735	9721106.008	669702.727	9721106.009	669702.725	9721106.019	669702.721	0.003	E	0.016	MB	0.016	MB	0.014	MB
31	9721116.902	669711.978	9721116.904	669712.0126	9721116.941	669712.014	9721116.930	669712.011	9721116.914	669712.008	0.035	B	0.053	M	0.043	B	0.032	B
32	9721108.476	669715.354	9721108.5	669715.3322	9721108.453	669715.262	9721108.454	669715.325	9721108.461	669715.334	0.033	B	0.095	M	0.036	B	0.025	MB
33	9721064.166	669715.449	9721064.149	669715.4722	9721064.166	669715.449	9721064.159	669715.445	9721064.161	669715.444	0.029	MB	0.000	E	0.008	E	0.007	E
34	9721048.878	669718.646	9721048.893	669718.6352	9721048.820	669718.563	9721048.818	669718.572	9721048.827	669718.595	0.019	MB	0.101	P	0.095	M	0.072	M
35	9721067.714	669728.048	9721067.577	669728.0815	9721067.645	669728.092	9721067.667	669728.055	9721067.686	669728.054	0.141	P	0.082	M	0.048	B	0.029	MB
36	9721003.272	669730.832	9721003.29	669730.9089	9721003.288	669730.890	9721003.266	669730.881	9721003.271	669730.871	0.079	M	0.060	M	0.049	B	0.039	B
37	9721053.056	669732.018	9721053.026	669731.925	9721053.270	669731.940	9721053.235	669731.975	9721053.174	669731.965	0.098	M	0.228	P	0.184	P	0.129	P
38	9721008.086	669746.712	9721008.135	669746.6268	9721008.214	669746.657	9721008.158	669746.648	9721008.105	669746.648	0.098	M	0.139	P	0.096	M	0.067	M
39	9721172.231	669762.636	9721172.211	669762.666	9721172.187	669762.648	9721172.198	669762.641	9721172.211	669762.654	0.036	B	0.046	B	0.033	B	0.027	MB
40	9721132.896	669771.524	9721132.855	669771.53	9721132.884	669771.503	9721132.868	669771.523	9721132.874	669771.533	0.041	B	0.024	MB	0.028	MB	0.024	MB
41	9721174.898	669774.762	9721174.859	669774.6488	9721175.030	669774.728	9721175.021	669774.738	9721174.978	669774.733	0.120	P	0.136	P	0.125	P	0.085	M
42	9721124.54	669776.831	9721124.71	669776.854	9721124.365	669777.016	9721124.412	669777.004	9721124.612	669776.978	0.172	P	0.255	P	0.215	P	0.164	P
43	9721136.635	669785.045	9721136.362	669785.0895	9721136.473	669784.968	9721136.708	669784.993	9721136.675	669785.054	0.277	P	0.179	P	0.090	M	0.041	B
44	9721128.531	669788.074	9721128.605	669787.978	9721128.573	669788.055	9721128.555	669788.049	9721128.545	669788.059	0.121	P	0.046	B	0.035	B	0.021	MB
45	9721085.247	669791.122	9721085.256	669791.192	9721085.315	669791.079	9721085.289	669791.085	9721085.268	669791.097	0.071	M	0.080	M	0.056	M	0.033	B
46	9721073.212	669793.027	9721073.233	669793.054	9721073.243	669792.926	9721073.235	669792.950	9721073.233	669792.974	0.034	B	0.106	P	0.080	M	0.057	M
47	9721088.002	669800.185	9721088.001	669800.1596	9721088.177	669800.233	9721088.049	669800.189	9721088.024	669800.191	0.025	MB	0.181	P	0.047	B	0.023	MB



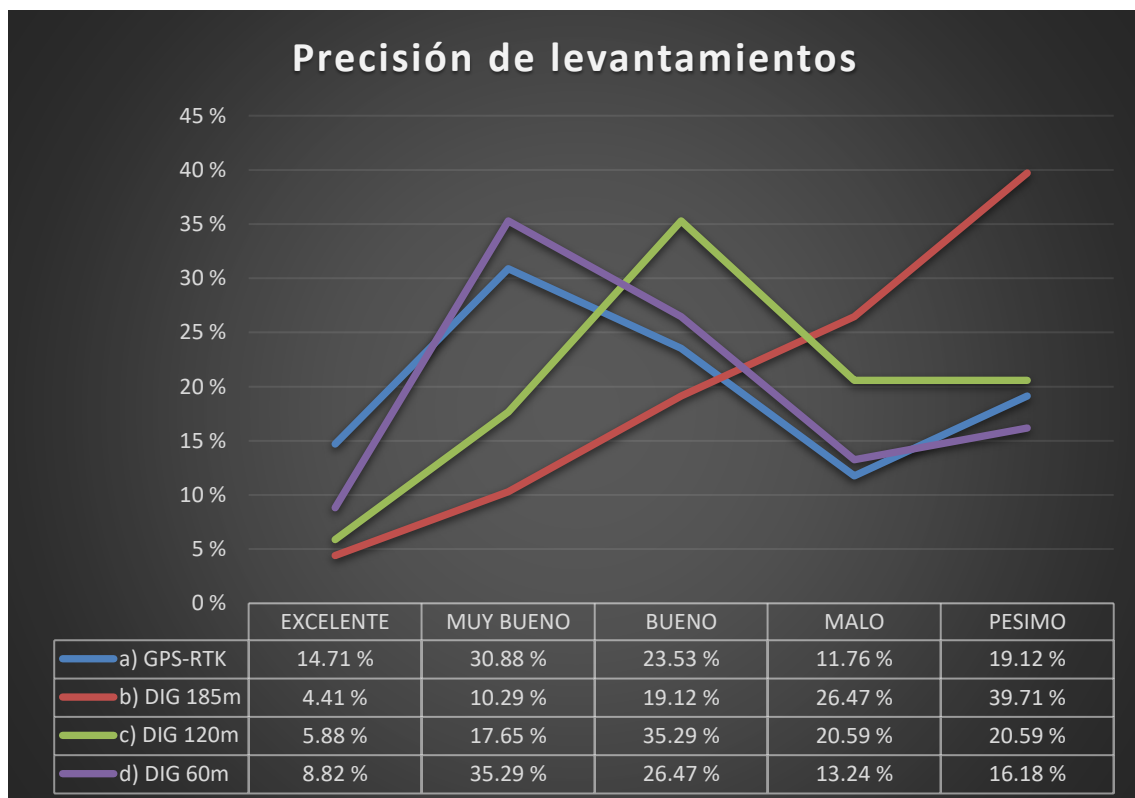
1	2		3		4		5		6		7							
	ESTACION TOTAL		GPS-RTK		DIGITALIZACION 185m		DIGITALIZACION 120m		DIGITALIZACION 60m		ERROR TOTAL RTK Y DIGITALIZACION							
P	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	et ET RTK		et ET DIG	185m	et ET DIG	120m	et ET DIG	60m
48	9721077.775	669805.1	9721077.784	669805.098	9721077.735	669805.169	9721077.739	669805.137	9721077.746	669805.133	0.009	E	0.080	M	0.052	M	0.044	B
49	9721029.678	669807.554	9721029.702	669807.606	9721029.790	669807.543	9721029.704	669807.538	9721029.704	669807.548	0.057	M	0.113	P	0.031	B	0.027	MB
50	9721031.879	669820.181	9721031.865	669820.1758	9721031.831	669820.195	9721031.851	669820.190	9721031.867	669820.191	0.015	MB	0.050	M	0.029	MB	0.016	MB
51	9721198.982	669859.714	9721198.976	669859.7351	9721199.082	669859.737	9721199.040	669859.714	9721199.001	669859.741	0.022	MB	0.103	P	0.058	M	0.033	B
52	9721199.543	669869.682	9721199.524	669869.6595	9721199.534	669869.738	9721199.530	669869.717	9721199.524	669869.707	0.030	B	0.057	M	0.037	B	0.031	B
53	9721160.88	669871.537	9721160.887	669871.547	9721160.738	669871.514	9721160.785	669871.510	9721160.804	669871.522	0.012	MB	0.144	P	0.099	M	0.077	M
54	9721153.672	669873.697	9721153.672	669873.697	9721152.881	669874.619	9721152.999	669874.355	9721153.587	669874.335	0.000	E	1.215	P	0.941	P	0.644	P
55	9721178.119	669877.097	9721178.061	669876.972	9721178.281	669877.141	9721178.251	669877.144	9721178.207	669877.141	0.138	P	0.168	P	0.140	P	0.098	M
56	9721169.243	669880.221	9721169.244	669880.2058	9721169.223	669880.112	9721169.228	669880.175	9721169.238	669880.186	0.015	MB	0.111	P	0.048	B	0.035	B
57	9721112.893	669888.279	9721112.888	669888.2858	9721112.958	669888.260	9721112.944	669888.260	9721112.914	669888.254	0.009	E	0.068	M	0.054	M	0.033	B
58	9721103.935	669892.593	9721103.938	669892.587	9721104.155	669892.542	9721104.152	669892.540	9721104.104	669892.566	0.007	E	0.226	P	0.223	P	0.171	P
59	9721207.042	669894.9	9721207.053	669894.8908	9721207.067	669894.934	9721207.055	669894.934	9721207.044	669894.929	0.014	MB	0.042	B	0.036	B	0.029	MB
60	9721056.157	669912.905	9721056.158	669912.9166	9721056.005	669912.836	9721056.112	669912.836	9721056.125	669912.854	0.012	MB	0.167	P	0.082	M	0.060	M
61	9721194.003	669920.711	9721193.982	669920.7304	9721194.115	669920.293	9721194.122	669920.514	9721194.034	669920.547	0.028	MB	0.433	P	0.230	P	0.167	P
62	9721058.464	669923.19	9721058.457	669923.18	9721058.469	669923.204	9721058.459	669923.208	9721058.455	669923.201	0.012	MB	0.015	MB	0.019	MB	0.014	MB
63	9721189.381	669930.585	9721189.372	669930.5914	9721189.532	669930.602	9721189.457	669930.615	9721189.421	669930.611	0.011	MB	0.152	P	0.082	M	0.048	B
64	9721159.613	669988.722	9721159.645	669988.6915	9721159.642	669988.648	9721159.631	669988.685	9721159.637	669988.697	0.044	B	0.079	M	0.041	B	0.035	B
65	9721156.726	670000.213	9721156.726	670000.1914	9721156.692	670000.209	9721156.699	670000.219	9721156.704	670000.214	0.022	MB	0.034	B	0.028	MB	0.022	MB
66	9721080.913	670008.17	9721080.887	670008.185	9721080.652	670008.291	9721080.789	670008.285	9721080.815	670008.254	0.030	B	0.288	P	0.169	P	0.129	P
67	9721082.791	670018.06	9721082.395	670018.2813	9721082.403	670018.278	9721082.714	670018.104	9721082.736	670018.089	0.453	P	0.445	P	0.089	M	0.062	M
68	9721104.524	670100.873	9721104.529	670100.8562	9721104.569	670100.869	9721104.558	670100.879	9721104.547	670100.874	0.018	MB	0.045	B	0.035	B	0.023	MB

Tabla 8: Coordenadas obtenidas y Error calculado entre los diferentes levantamientos y el levantamiento con Estación Total.

De donde:

1. Número de punto levantado
2. Coordenadas obtenidas con la Estación Total (Sokkia Set 520k)
3. Coordenadas obtenidas con GPS-RTK de doble frecuencia (hi target V60)
4. Coordenadas obtenidas por medio de la digitalización sobre la ortofoto a una altura de vuelo de 185 metros
5. Coordenadas obtenidas por medio de la digitalización sobre la ortofoto a una altura de vuelo de 120 metros
6. Coordenadas obtenidas por medio de la digitalización sobre la ortofoto a una altura de vuelo de 60 metros
7. Errores totales del RTK y Digitalización con respecto a la Estación Total

Grafica porcentual resumen de precisión obtenidas para los distintos levantamientos.



Descripción de gráfica:

- a) Precisión levantamiento GPS RTK, precisiones entre excelentes y muy buenas por encima del 45%

- b) Precisión digitalización 185 metros de altura de vuelo, porcentajes altos de medidas con precisiones malas y pésimas por encima del 65%
- c) Precisión digitalización 120 metros de altura de vuelo, porcentaje de precisiones que están alrededor de 23% entre excelente y muy bueno
- d) Precisión digitalización 60 metros de altura de vuelo, precisiones en el rango de excelente está por debajo del método de RTK.

Una vez obtenido los resultados generales de las precisiones para los diferentes métodos de levantamiento con respecto a la Estación Total, se realizó una selección de 3 manzanas (08, 16, 14), las mismas que presentan diferentes condiciones de trabajo para el levantamiento, de las cuales se evaluarán las distancias entre vértices de las mismas. A continuación, se muestra los resultados tabulados:

Manzana 08	Distancia (metros) (Pt7-Pt13)	Distancia (metros) (Pt13-Pt21)	Distancia (metros) (Pt21-Pt17)	Distancia (metros) (Pt8-Pt17)	Distancia (metros) (Pt7-Pt8)
Estación Total	77,907	61,676	60,553	116,904	2,871
Digitalización h=60m	77,925	61,694	60,559	116,916	2,867
Error	0,018	0,018	0,006	0,012	0,004
Manzana 16	Distancia (metros) (Pt62-Pt66)	Distancia (metros) (Pt56-Pt62)	Distancia (metros) (Pt56-Pt63)	Distancia (metros) (Pt63-Pt64)	Distancia (metros) (Pt64-Pt66)
Estación Total	87,895	118,821	54,241	65,315	81,067
Digitalización h=60m	87,943	118,841	54,314	65,277	81,212
Error	0,048	0,020	0,073	0,038	0,145
Manzana 14	Distancia (metros) (Pt37-Pt38)	Distancia (metros) (Pt38-Pt49)	Distancia (metros) (Pt49-Pt46)	Distancia (metros) (Pt46-Pt37)	
Estación Total	47,310	64,560	45,894	64,252	
Digitalización h=60m	47,400	64,617	45,904	64,222	
Error	0,091	0,057	0,010	0,030	

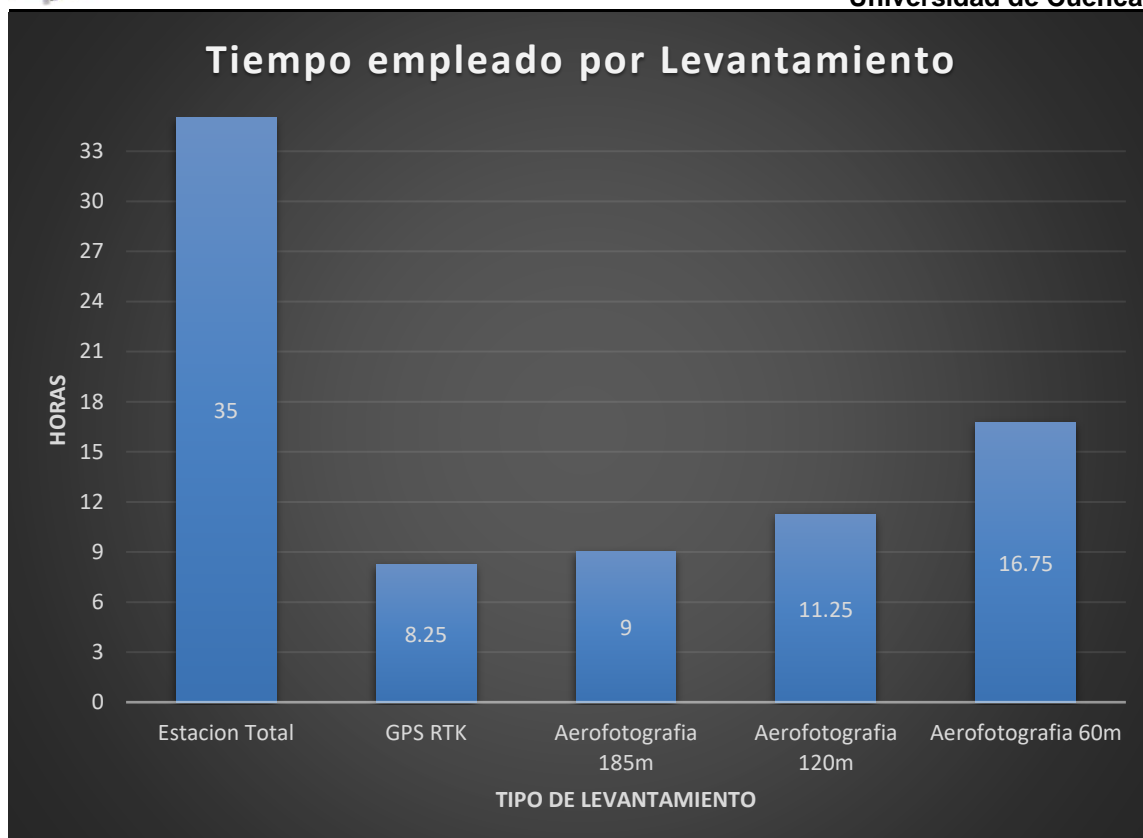
Condiciones de trabajo:

- Manzana 08: Presenta un área de trabajo favorable ya que tiene linderos identificables y de fácil acceso
- Manzana 16: Área de trabajo favorable, pero con linderos de difícil identificación y de fácil acceso
- Manzana 14: Área de trabajo poco favorable, con lindero poco identificables y con un acceso para medición complicado.



4.4 Tiempos de ejecución en el levantamiento

Estación total	Tiempo (horas)	GPS-RTK	Tiempo (horas)	Aerofotogrametría altura 185m	Tiempo (horas)	Aerofotogrametría altura 120m	Tiempo (horas)	Aerofotogrametría altura 60m	Tiempo (horas)
Recorrido y estacado para poligonal	2	Posicionamiento y configuración	0.25	Planificación de vuelo	0.25	Planificación de vuelo	0.25	Planificación de vuelo	0.25
Remplazo de estacas y colocación de hitos	5	Medición de 68 vértices	7	Vuelo y captura de fotos	0.25	Vuelo y captura de fotos	0.5	Vuelo y captura de fotos	1
Medición de la poligonal	7	Obtención de vértices en oficina	1	Toma de puntos de control	4	Toma de puntos de control	4	Toma de puntos de control	4
Ajuste de la poligonal en oficina	2			Configuración para procesamiento de datos	0.5	Configuración para procesamiento de datos	1	Configuración para procesamiento de datos	1.5
Comprobación de la poligonal	5			Procesamiento desatendido de datos	3	Procesamiento desatendido de datos	4.5	Procesamiento desatendido de datos	9
Radiación de 68 vértices	13			Digitalización y obtención de vértices	1	Digitalización y obtención de vértices	1	Digitalización y obtención de vértices	1
Obtención de vértices en oficina	1								
Total trabajo de campo	32	Total trabajo de campo	7.25	Total trabajo de campo	4.5	Total trabajo de campo	4.75	Total trabajo de campo	5.25
Total trabajo de oficina	3	Total trabajo de oficina	1	Total trabajo de oficina	4.5	Total trabajo de oficina	6.5	Total trabajo de oficina	11.5
Total horas de trabajo	35	Total horas de trabajo	8.25	Total horas de trabajo	9	Total horas de trabajo	11.25	Total horas de trabajo	16.75
Área medida	9.41 ha	Área medida	9.41 ha	Área medida	9.41 ha	Área medida	9.41 ha	Área medida	9.41 ha



Equipos de levantamiento:

- Estación total (Sokkia Set 520k)
- GPS – RTK (Hi target V60)
- Aerofotogrametría 185m con Aero nave Drone (Dji Mavic pro)
- Aerofotogrametría 120m con Aero nave Drone (Dji Mavic pro)
- Aerofotogrametría 160m con Aero nave Drone (Dji Mavic pro)



4.5 Comparación de costos entre los levantamientos

Precio Unitario

Rubro:	Levantamiento con Estación total				
Costo de levantamiento en campo					
Tiempo (h):	32	Área (ha):	9.41	Rendimiento(h/ha)	3.4
Equipos					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo/hora	Rendimiento(h/ha)	Costo/ha
Estación total	1	\$ 30.00	\$ 3.75	3.4	\$ 12.75
Subtotal					\$ 12.75
Mano de obra					
Descripción	Cantidad	Jornal/h	Costo hora	Rendimiento(h/ha)	Costo/ha
Ingeniero/topógrafo	1	80	\$ 10.00	3.4	\$ 34.00
Cadenero	2	20	\$ 5.00	3.4	\$ 17.00
Subtotal					\$ 51.00
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Cantidad/ha	Costo/ha
Pintura	L	1	\$ 3.00	0.11	\$ 0.33
Clavos	Kg	1	\$ 0.50	0.11	\$ 0.06
Estacas	U	10	\$ 0.40	1.06	\$ 0.42
Hitos	U	10	\$ 2.50	1.06	\$ 2.65
Herramienta menor	U	1	\$ 5.00	0.11	\$ 0.55
Subtotal					\$ 4.01
Transporte					
Descripción	Cantidad	Días	Costo/día	Cantidad/ha	Costo/ha
Camioneta 2000cc	1	4	25	0.11	\$ 11.00
Subtotal					\$ 11.00
Total costo levantamiento en campo					\$ 78.76
Costo de levantamiento en oficina					
Tiempo (h):	3	Área (ha):	9.41	Rendimiento(h/ha)	0.32
Equipos					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo/hora	Rendimiento(h/ha)	Costo/ha
Computadora	1	\$ 8.00	\$ 1.00	0.32	\$ 0.32
Subtotal					\$ 0.32
Mano de obra					
Descripción	Cantidad	Jornal/h	Costo hora	Rendimiento(h/ha)	Costo/ha
Ingeniero/topógrafo	1	80	\$ 10.00	0.32	\$ 3.20
Dibujante	1	25	\$ 3.13	0.32	\$ 1.00
Subtotal					\$ 4.20
Total costo levantamiento en oficina					\$ 4.52
Total costo directo					\$ 83.28
Utilidad (25% del total del costo directo)					\$ 20.82
Costo total del rubro por hectárea					\$ 104.10



Rubro:	Levantamiento con GPS-RTK				
Costo de levantamiento en campo					
Tiempo (h):	7.25	Área (ha):	9.41	Rendimiento(h/ha)	0.77
Equipos					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo/Hora	Rendimiento(h/ha)	Costo/ha
GPS-RTK	1	\$ 120.00	\$ 15.00	0.77	\$ 11.55
Subtotal					\$ 11.55
Mano de obra					
Descripción	Cantidad	Jornal/h	Costo Hora	Rendimiento(h/ha)	Costo/ha
Ingeniero/Topógrafo	1	80	\$ 10.00	0.77	\$ 7.70
Cadenero	2	20	\$ 5.00	0.77	\$ 3.85
Subtotal					\$ 11.55
Transporte					
Descripción	Cantidad	días	Costo/día	Cantidad/ha	Costo/ha
Camioneta 2000cc	1	1	25	0.11	2.75
Subtotal					\$ 2.75
Total Costo levantamiento en campo					\$ 25.85
Costo de levantamiento en oficina					
Tiempo (h):	1	Área (ha):	9.41	Rendimiento(h/ha)	0.11
Equipos					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo/Hora	Rendimiento(h/ha)	Costo/ha
Computadora	1	\$ 8.00	\$ 1.00	0.11	\$ 0.11
Subtotal					\$ 0.11
Mano de obra					
Descripción	Cantidad	Jornal/h	Costo Hora	Rendimiento(h/ha)	Costo/ha
Ingeniero/Topógrafo	1	80	\$ 10.00	0.11	\$ 1.10
Dibujante	1	25	\$ 3.13	0.11	\$ 0.34
Subtotal					\$ 1.44
Total Costo levantamiento en oficina					\$ 1.55
Total Costo directo					\$ 27.40
Utilidad (25% del Total del Costo directo)					\$ 6.85
Costo total del rubro por hectárea					\$ 34.25



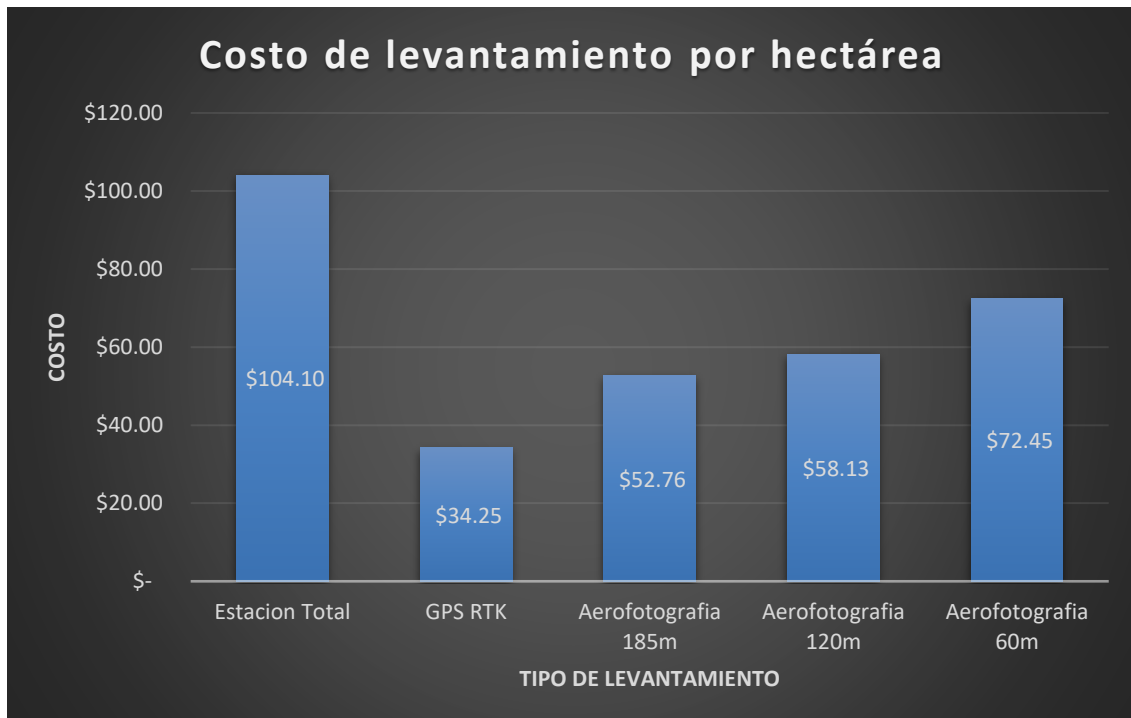
Rubro:	Levantamiento Aerofotogramétrico altura 185m				
Costo de levantamiento en campo					
Tiempo (h):	4.5	Área (ha):	9.41	Rendimiento(h/ha)	0.48
Equipos					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo/Hora	Rendimiento(h/ha)	Costo/ha
UAV	1	250	\$ 31.25	0.48	\$ 15.00
GPS-RTK	1	120	\$ 15.00	0.48	\$ 7.20
Subtotal					\$ 22.20
Mano de obra					
Descripción	Cantidad	Jornal/h	Costo Hora	Rendimiento(h/ha)	Costo/ha
Ingeniero/Topógrafo	1	80	\$ 10.00	0.48	\$ 4.80
Cadenero	2	20	\$ 5.00	0.48	\$ 2.40
Piloto	1	40	\$ 5.00	0.48	\$ 2.40
Subtotal					\$ 9.60
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Cantidad/ha	Costo/ha
Pintura	L	1	\$ 3.00	0.11	\$ 0.33
Herramienta menor	u	1	\$ 5.00	0.11	\$ 0.55
Subtotal					\$ 0.88
Transporte					
Descripción	Cantidad	días	Costo/día	Cantidad/ha	Costo/ha
Camioneta 2000cc	1	1	25	0.11	2.75
Subtotal					\$ 2.75
Total Costo levantamiento en campo					\$ 35.43
Costo de levantamiento en oficina					
Tiempo (h):	4.5	Área (ha):	9.41	Rendimiento(h/ha)	0.48
Equipos					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo/Hora	Rendimiento(h/ha)	Costo/ha
Computadora	1	\$ 8.00	\$ 1.00	0.48	\$ 0.48
Subtotal					\$ 0.48
Mano de obra					
Descripción	Cantidad	Jornal/h	Costo Hora	Rendimiento(h/ha)	Costo/ha
Ingeniero/Topógrafo	1	80	\$ 10.00	0.48	\$ 4.80
Dibujante	1	25	\$ 3.13	0.48	\$ 1.50
Subtotal					\$ 6.30
Total Costo levantamiento en oficina					\$ 6.78
Total Costo directo					\$ 42.21
Utilidad (25% del Total del Costo directo)					\$ 10.55
Costo total del rubro por hectárea					\$ 52.76



Rubro:	Levantamiento Aerofotogramétrico altura 120m				
Costo de levantamiento en campo					
Tiempo (h):	4.75	Área (ha):	9.41	Rendimiento(h/ha)	0.5
Equipos					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo/Hora	Rendimiento(h/ha)	Costo/ha
UAV	1	250	\$ 31.25	0.5	\$ 15.63
GPS-RTK	1	120	\$ 15.00	0.5	\$ 7.50
Subtotal					\$ 23.13
Mano de obra					
Descripción	Cantidad	Jornal/h	Costo Hora	Rendimiento(h/ha)	Costo/ha
Ingeniero/Topógrafo	1	80	\$ 10.00	0.5	\$ 5.00
Cadenero	2	20	\$ 5.00	0.5	\$ 2.50
Piloto	1	40	\$ 5.00	0.5	\$ 2.50
Subtotal					\$ 10.00
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Cantidad/ha	Costo/ha
Pintura	L	1	\$ 3.00	0.11	\$ 0.33
Herramienta menor	u	1	\$ 5.00	0.11	\$ 0.55
Subtotal					\$ 0.88
Transporte					
Descripción	Cantidad	días	Costo/día	Cantidad/ha	Costo/ha
Camioneta 2000cc	1	1	25	0.11	2.75
Subtotal					\$ 2.75
Total Costo levantamiento en campo					\$ 36.76
Costo de levantamiento en oficina					
Tiempo (h):	6.5	Área (ha):	9.41	Rendimiento(h/ha)	0.69
Equipos					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo/Hora	Rendimiento(h/ha)	Costo/ha
Computadora	1	\$ 8.00	\$ 1.00	0.69	\$ 0.69
Subtotal					\$ 0.69
Mano de obra					
Descripción	Cantidad	Jornal/h	Costo Hora	Rendimiento(h/ha)	Costo/ha
Ingeniero/Topógrafo	1	80	\$ 10.00	0.69	\$ 6.90
Dibujante	1	25	\$ 3.13	0.69	\$ 2.16
Subtotal					\$ 9.06
Total Costo levantamiento en oficina					\$ 9.75
Total Costo directo					\$ 46.50
Utilidad (25% del Total del Costo directo)					\$ 11.63
Costo total del rubro por hectárea					\$ 58.13



Rubro:	Levantamiento Aerofotogramétrico altura 60m				
Costo de levantamiento en campo					
Tiempo (h):	5.25	Área (ha):	9.41	Rendimiento(h/ha)	0.56
Equipos					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo/Hora	Rendimiento(h/ha)	Costo/ha
UAV	1	250	\$ 31.25	0.56	\$ 17.50
GPS-RTK	1	120	\$ 15.00	0.56	\$ 8.40
Subtotal					\$ 25.90
Mano de obra					
Descripción	Cantidad	Jornal/h	Costo Hora	Rendimiento(h/ha)	Costo/ha
Ingeniero/Topógrafo	1	80	\$ 10.00	0.56	\$ 5.60
Cadenero	2	20	\$ 5.00	0.56	\$ 2.80
Piloto	1	40	\$ 5.00	0.56	\$ 2.80
Subtotal					\$ 11.20
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Cantidad/ha	Costo/ha
Pintura	L	1	\$ 3.00	0.11	\$ 0.33
Herramienta menor	u	1	\$ 5.00	0.11	\$ 0.55
Subtotal					\$ 0.88
Transporte					
Descripción	Cantidad	días	Costo/día	Cantidad/ha	Costo/ha
Camioneta 2000cc	1	1	25	0.11	2.75
Subtotal					\$ 2.75
Total Costo levantamiento en campo					\$ 40.73
Costo de levantamiento en oficina					
Tiempo (h):	11.5	Área (ha):	9.41	Rendimiento(h/ha)	1.22
Equipos					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo/Hora	Rendimiento(h/ha)	Costo/ha
Computadora	1	\$ 8.00	\$ 1.00	1.22	\$ 1.22
Subtotal					\$ 1.22
Mano de obra					
Descripción	Cantidad	Jornal/h	Costo Hora	Rendimiento(h/ha)	Costo/ha
Ingeniero/Topógrafo	1	80	\$ 10.00	1.22	\$ 12.20
Dibujante	1	25	\$ 3.13	1.22	\$ 3.81
Subtotal					\$ 16.01
Total Costo levantamiento en oficina					\$ 17.23
Total Costo directo					\$ 57.96
Utilidad (25% del Total del Costo directo)					\$ 14.49
Costo total del rubro por hectárea					\$ 72.45



CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 Conclusiones

Es indiscutible que el equipo que otorga la mayor precisión en un levantamiento topográfico es la ESTACIÓN TOTAL realizando una medición directa, por esta razón se ha tomado como la medida más probable siendo de esta forma el valor fijo contra el que se comparó el resto de levantamiento. Concluyendo que el levantamiento más preciso para el caso de estudio es el Aerofotogramétrico a 60 metros de altura, con un 70.58% de valores medidos entre buenos (26.47%), muy buenos (35.29%) y excelentes (8.82%), muy cerca también se encuentra el 69.12% de valores medidos realizado con GPS-RTK, superando al 58.82% a 120 metros de altura y 33.82% a 185 metros de altura de los levantamientos Aerofotogramétricos.

Se concluye que para las condiciones topográficas y restricciones de accesibilidad del caso de estudio los resultados para cada uno de los levantamientos son ineficientes debido a que:

- El levantamiento con Estación total para la parroquia de San Carlos se tornó complicado debido a la falta de linderos claros y precisos, puesto que en muchos casos por ejemplo el lindero correspondía a un árbol en el cual su tronco tenía aproximadamente 50 cm de diámetro o no existía lindero definido por lo que se alineo con la línea de fábrica y apoyándose en la linealidad de la manzana. Además del problema ya conocido de la visibilidad entre el equipo y el objetivo lo cual influyo grandemente en el tiempo necesario que fue de 13 horas para realizar este levantamiento debido a que la poligonal principal no pudo cubrir cada uno de los vértices de todas las manzanas y por esta razón se debió aplicar técnicas adicionales como la resección, trilateración y varios cambios de estación.
- El levantamiento con GPS-RTK tuvo complicaciones en los linderos que se encontraban bajo aleros de las cubiertas el PDOP

se incrementaba al igual que los sitios donde existía árboles con ramas densas y de gran altura que cubrían la parte superior del equipo afectando a las precisiones obtenidas en 13 vértices generando errores superiores a 10 cm, también hubo sitios donde se afectó levemente la precisión de las mediciones por el tamaño del equipo puesto que en los cerramientos de gran altura o paredes el equipo no se pudo colocar totalmente vertical y esa pequeña inclinación represento en muchos de los casos de 2 a 5 centímetros.

- El levantamiento Aerofotogramétrico a 185 metros de altura presento complicaciones en la digitalización debido a la falta de linderos identificables en los que se aproximó trazando líneas tratando de seguir la linealidad de la manzana, en los linderos poco identificables fue difícil acertar al pixel adecuado recalcando que el tamaño de pixel es de 5.7cm lo cual ya descarta grandemente la posibilidad de tener presiones de excelentes (0 a 1cm) o muy buenas (1 a 3.5cm), para el levantamiento a 120 y 60 metros de altura se presentó las mismas complicaciones con la diferencia del tamaño de pixel de 3.88cm y 1.94cm respectivamente lo cual reflejo una mejor precisión en los resultados.

En resumen para el caso de estudio no es factible el aplicar únicamente el levantamiento GPS-RTK o levantamiento Aerofotogramétrico, puesto que la disposición de los linderos de las manzanas no prestan la adecuada configuración para ser levantados con ninguno de los dos métodos únicamente, razón por la cual cerca del 30% de mediciones son malas (5 a 10cm) y pésimas (mayores a 10cm) es decir que de la muestra de 68 vértices aproximadamente 20 vértices no están correctamente medidos y son los que presentan los problemas mencionados anteriormente.

Se concluye que el levantamiento más rentable en tiempo y costo es el realizado con GPS-RTK debido a que para el caso se estudió tomo 8 horas y 15 minutos con el costo más bajo de \$34.25 por hectárea recalcando que solo se obtuvo un 69.12% de mediciones buenas a excelentes. Muy cercano a esta rentabilidad se



encuentra el levantamiento Aerofotogramétrico completo a 185m que tomo 9 horas realizarlo y los costos son de \$52.76 por hectárea, aunque para este caso las mediciones buenas a excelentes son del 33.82%. Se aclara que esta conclusión es relativa ya que ninguno de los dos tipos de levantamiento otorga una totalidad de mediciones con precisión, para ambos casos se requiere un proceso adicional para obtener la totalidad de mediciones precisas.

Los tiempos y costos más altos representan el levantamiento con Estación Total y el levantamiento Aerofotogramétrico completo a 60 metros de altura con 35 horas y 16 horas con 45 minutos a unos costos de \$104.10 y \$72.45 por hectárea respectivamente. Un tiempo y costo intermedio brinda el levantamiento Aerofotogramétrico a 120 metros de altura tomando un tiempo total de 11 horas con 45 minutos a \$58.13 por hectárea.

5.2 Recomendaciones

El levantamiento Aerofotogramétrico a tres alturas diferentes nos ha brindado la posibilidad de esclarecer las incertidumbres respecto a la importancia de tener una Ortofoto de calidad como base de trabajo para el Catastro Urbano de la Parroquia San Carlos, la obtención de un tamaño de pixel más pequeño eleva el costo, el tiempo de vuelo y el tiempo de procesamiento debido al incremento de fotografías a trabajar por lo que se recomienda realizar una ortofoto con un tamaño de pixel de por lo menos 5cm para que el costo no sea muy alto y las precisiones tampoco se vean afectadas a pesar que para fines de Catastro Urbano según el Instituto Geográfico Militar (IGM), la escala cartográfica es de 1:1000 y el tamaño de pixel requerido es de mínimo 10cm.

Es importante comentar que para un levantamiento de Catastro Urbano como es el caso de estudio no solo se requiere levantar los vértices de las manzanas si no también los vértices de predios en su frente y en su fondo por lo que hay que tener en cuenta lo siguiente:

- No siempre se puede ingresar a un predio para obtener estos vértices por lo que es indispensable el levantamiento Aerofotogramétrico para digitalizarlos.



- La Estación Total no tiene visibilidad para los vértices de fondo de los predios, razón por la cual el uso de GPS-RTK resulta la herramienta más útil si existe el acceso al predio y si el lindero no es identificable en la ortofoto. Además, dentro de toda la planificación global de todo este Trabajo de Titulación es indispensable el uso de este equipo.

Como recomendación final comentamos que para garantizar la mejor precisión y rentabilidad es necesario combinar los tres métodos de levantamientos presentados en este Trabajo de Titulación, en primera instancia realizar una Ortofoto con la cual realizar la planificación identificar los posibles linderos y posteriormente con GPS-RTK corroborar y levantar los vértices no identificables además que serviría para la colocación de puntos de estacionamiento para la Estación Total debido a que la precisión de posicionamiento del equipo GPS-RTK es milimétrica y es suficiente para este fin, reduciendo el tiempo empleado en levantar una poligonal con sus respectivas correcciones y verificaciones así como la cantidad de vértices a levantar con Estación Total, de esta forma se cubre la totalidad de las medidas con precisiones buenas a excelentes y el costo global del levantamiento se puede reducir al optimizar el tiempo de uso de cada equipo y del personal empleado destinando cada método de levantamiento para una condición específica

REFERENCIAS

Bannister, A., Raymond, S., & Baker, R. (2002). *Técnicas Modernas en Topografía*. Mexico: Alfaomega.

Bernal, P. M. (2012). *FOTOGRAMETRÍA CON CÁMARAS DIGITALES, CONVENCIONALES Y SOFTWARE LIBRE*. Obtenido de Polipapers: <https://polipapers.upv.es/index.php/EGA/article/download/1407/1423vesar>

Bustos, G. (14 de Mayo de 2010). la Estacion Total. *Catedra de Topografia II*. Chile.

Diaz, A. (14 de Julio de 2016). *Fotografia Aerea*. Obtenido de Bio Geografia: <http://biogeografia.netau.net/fotografia.html>

Neira, R. A. (2005). *Fotografia Aerea. (Tesis de licenciatura)*. Universidad Austral de Chile, Valdivia.

Tostado, F. (14 de Marzo de 2016). *Las primeras fotografías aéreas de la historia*. Obtenido de franciscojaviertostado.com Historia, medicina y otras artes. <https://franciscojaviertostado.com/2016/03/14/las-primeras-fotografias-aereas-de-la-historia/>

Wolf, P. R., & Chilani, C. D. (2009). *Topografía*. Mexico: Alfaomega.

Zuccotti, A. (Mayo de 2008). *Aputes de Fotografia*. Obtenido de Blogger: <http://zuko-foto.blogspot.com/2008/05/fomatos-jpg-raw-y-tiff.html>

REGME. (2017). Red GNSS de monitoreo continuo del Ecuador.

http://www.geoportaligm.gob.ec/wordpress/?page_id=207

MIDUVI. (2016). Acuerdo ministerial 029-16, Normas Técnicas Nacionales para el Catastro de Bienes Inmuebles Urbanos-Rurales y Avalúo de Bienes

Cepeda Naula, R. A. (2017). Investigación y desarrollo metodológico del uso de vehículo aéreo no tripulado (UAV) en las Geo ciencias (Bachelor's thesis, Quito: UCE.).



- Peña, J. S. (2001). Integración de orto fotografía digital en sistema de información geográfica: aplicación a la determinación de la superficie catastral rústica (Doctoral dissertation, Universidad Pública de Navarra).
- Cajas, J., Gabriel, W., & Prado Garrido, J. D. (2018). Análisis técnico comparativo entre los métodos topográficos tradicionales y el método de aerofotogrametría con vehículo aéreo no tripulado (Bachelor's thesis, Quito, 2018.).
- FERRER, R.; PIÑA, B.; NÚÑEZ-GARCÍA, A.; VALBUENA, J. L.; PRIETO, J. (1992). Título "Topografía aplicada a la ingeniería civil". Universidad de Cantabria. Laredo
- REYES, M., Y HERNÁNDEZ, A. (2003). Tratamiento de Errores en Levantamientos Topográficos., Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática. México.
- MARTÍNEZ, V.; HERNÁNDEZ, J. (2003). Sistemas de Información Geográfica. Aplicaciones en ingeniería y medio ambiente con Arcview. Editorial Moralea.
- Sangucho, A., & Patricio, W. (2014). Levantamiento topográfico y catastral del Barrio Bellavista de la Parroquia La Merced del Cantón Quito, Provincia de Pichincha.
- Sokkia, C. (2005). Manual de Operaciones. U.S.A: POINT, Inc.
- Hi-target, en.hi-target.com.cn. Manual del sistema Hi-Target 60 GNSS RTK.
- <http://hitarget.ir/en/support/download/manuals/>



ANEXOS.



Monografía de Vértice Geodésico

PROYECTO:	RED GEODESICA CATASTRAL CANTON NARANJAL			NOMBRE DEL PUNTO:	PTO-01
DÁTUM HORIZONTAL:	SIRGAS ECUADOR	ÉPOCA DE REFERENCIA:	2016.436	ELIPSOIDE:	GRS80
DÁTUM VERTICAL:	--	MODELO GEOIDAL:		EGM 96 Global	

LOCALIZACIÓN DEL PUNTO

PAIS	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	SITIO
ECUADOR	GUAYAS	NARANJAL	SAN CARLOS	PARTER

CONTROL HORIZONTAL

COORDENADAS GEOGRÁFICAS		COORDENADAS UTM		FECHA DE DETERMINACIÓN
Latitud	52°31'21.08761"	Norte	9721084.294	Lunes 07 de mayo 2018
Longitud	W79°28'34.45194"	Este	669413.536	
Altura Elipsoidal	48.458	Altura Ortométrica	30.913	
ORDEN: Tercero				

FOTOGRAFÍAS Y DATOS DE UBICACIÓN DEL CONTROL GEODESICO



TIPO DE MARCA, ROTULO Y UBICACIÓN, ACCESO:

Placa de aluminio de 10 cm de diámetro, empotrada a ras del piso. Está ubicada en la Parroquia San Carlos, en partere al ingreso de la misma. Partiendo desde el parque central de Naranjal y tomando la carretera q conduce a Puerto Inca con un recorrido de unos 50 km, se llega, a la Parroquia San Carlos donde esta ubicada la placa.

INSCRIPCIÓN EN LA PLACA	DATOS DEL POSICIONAMIENTO	ELABORADO POR:
GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN NARANJAL SE PROHIBE DESTRUIR CATASTRO URBANO PTO-01 RED GEODESICA CATASTRAL 2018	Red GPS Ajustada a partir de las estaciones de Monitoreo Continuo de GUEC Y SIEC pertenecientes a la Red de Estaciones GNSS de Monitoreo continuo del Ecuador (Instituto Geográfico Militar)	
	OBSERVACIONES Punto GPS perteneciente a la Red densificada por el GAD Municipal del Cantón Naranjal	SUPERVISADO POR: Ing. Manuel Martínez Gavilanes



Monografía de Vértice Geodésico

PROYECTO:	RED GEODESICA CATASTRAL CANTON NARANJAL			NOMBRE DEL PUNTO:	PTO-02
DÁTUM HORIZONTAL:	SIRGAS ECUADOR	ÉPOCA DE REFERENCIA:	2016.436	ELIPSOIDE:	GRS80
DÁTUM VERTICAL:	---			MODELO GEOIDAL:	EGM 96 Global

LOCALIZACIÓN DEL PUNTO

PAIS	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	SITIO
ECUADOR	GUAYAS	NARANJAL	SAN CARLOS	VEREDA

CONTROL HORIZONTAL

COORDENADAS GEOGRÁFICAS		COORDENADAS UTM		FECHA DE DETERMINACIÓN
Latitud	S2°31'19.23766"	Norte	9721093.119	Lunes 07 de mayo 2018
Longitud	W79°28'27.02786"	Este	669458.256	
Altura Elipsoidal	48.815	Altura Ortométrica	31.244	ORDEN: Tercero

FOTOGRAFÍAS Y DATOS DE UBICACIÓN DEL CONTROL GEODESICO



TIPO DE MARCA, ROTULO Y UBICACIÓN, ACCESO:

Placa de aluminio de 10 cm de diámetro, empotrada a ras del piso. Está ubicada en la Parroquia San Carlos, en vereda a 100 m del vertice 01 frente a parque central de la misma. Partiendo desde el parque central de Naranjal y tomando la carretera q conduce a Puerto Inca con un recorrido de unos 50 km, se llega, a la Parroquia San Carlos donde esta ubicada la placa.

INSCRIPCIÓN EN LA PLACA	DATOS DEL POSICIONAMIENTO	ELABORADO POR:
GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN NARANJAL CATASTRO URBANO PTO-02 WGS 84 175 RED GEODESICA CATASTRAL 2018	Red GPS Ajustada a partir de las estaciones de Monitoreo Continuo de GUEC Y SIEC pertenecientes a la Red de Estaciones GNSS de Monitoreo continuo del Ecuador (Instituto Geográfico Militar)	
	OBSERVACIONES Punto GPS perteneciente a la Red densificada por el GAD Municipal del Cantón Naranjal	SUPERVISADO POR: Ing. Manuel Martínez Gavilanes